

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Проектирование автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции |

УДК 681.51.001.66:622.276.53

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Алматов Алишер Комилович | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Заревич Антон Иванович | К.Т.Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Конотопский Владимир Юрьевич | К.Э.Н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Матвиенко Владимир Владиславович | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Воронин Александр Васильевич | К.Т.Н., доцент | | |

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения |
| P2 | Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. |
| P3 | Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств. |
| P4 | Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений. |
| P5 | Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств. |
| P6 | Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств. |
| P7 | Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств. |
| <i>Универсальные компетенции</i> | |
| P8 | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий. |
| P9 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам. |
| P10 | Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду. |
| P11 | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. |

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Воронин А.В.
(Дата) (Ф.И.О.)

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Объектом исследования является блочно-кустовая насосная станция. Режим работы непрерывный.</p> |
|---|---|

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>1 Описание технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Разработка схемы информационных потоков АС 6 Выбор средств реализации АС 7 Разработка схемы соединения внешних проводок 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9 Разработка экранных форм АС</p> |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio 2 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio 3 Схема внешних проводок 4 Трехуровневая структура АС 5 Алгоритм сбора данных измерений. Блок-схема алгоритма 6 Перечень вход/выходных сигналов 7 SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта</p> |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Доцент ОСГН ШБИП Конотопский Владимир Юрьевич |
| Социальная ответственность | Ассистент ООД ШБИП Матвиенко Владимир Владиславович |

| | |
|--|--|
| <p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p> | |
|--|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Заревич Антон Иванович | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Алматов Алишер Комилович | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 3-8Т52 | Алматов Алишер Комилович |

| Школа | ИШИТР | Отделение школы (НОЦ) | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | — |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ) |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|---|
| 1. Оценка конкурентоспособности технических решений |
| 2. Матрица SWOT |
| 3. Альтернативы проведения НИ |
| 4. График проведения и бюджет НИ - <u>выполнить</u> |
| 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ - <u>выполнить</u> |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|---------------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Конотопский Владимир Юрьевич | к. э. н., доцент | | 26.02.2020 г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Алматов Алишер Комилович | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------------------------|
| 3-8Т52 | Алматову Алишеру Комиловичу |

| Школа | ИШИТР | Отделение (НОЦ) | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств |

Тема ВКР:

Проектирование автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (рабочая зона) и области его применения | <p><i>Объект исследования:</i> автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. <i>Рабочим местом</i> является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером.</p> <p><i>Область применения</i> – автоматизация в нефтегазовой отрасли.</p> |
|--|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. |
| <p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p> | <p>1. Отклонение показателей микроклимата</p> <p>2. Превышение уровня шума</p> <p>3. Отсутствие или недостаток естественного света</p> <p>4. Недостаточная освещенность рабочей зоны</p> <p>5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</p> |
| 3. Экологическая безопасность: | – Воздействие на атмосферу, выбросы вредных веществ. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | <ul style="list-style-type: none"> – Пожар; – Взрыв. |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Матвиенко Владимир Владиславович | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Алматов Алишер Комилович | | |

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – бакалавриат
 Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

| |
|---------------------|
| бакалаврская работа |
|---------------------|

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|---------------------------------------|
| 15.05.2020 г. | Основная часть | 60 |
| 16.05.2020 г. | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 20 |
| 17.05.2020 г. | Социальная ответственность | 20 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Учёная степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Заревич Антон Иванович | К.Т.Н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Учёная степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|------------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Воронин Александр Васильевич | К.Т.Н., доцент | | |

Реферат

Пояснительная записка содержит 93 страниц машинописного текста, 28 таблиц, 21 рисунок, приложений 8, список использованных источников из 16 наименований.

Ключевые слова: блочно-кустовая насосная станция, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, программируемый логический контроллер, SCADA-система.

Объектом исследования является блочно-кустовая насосная станция (БКНС).

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления БКНС с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Schneider Electric, с применением SCADA-системы TraceMode 6.09.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 15 |
| 1. Описание технологического процесса | 16 |
| 2. Разработка аппаратно-программной части АС | 17 |
| 2.1 Выбор архитектуры АС | 17 |
| 2.2 Разработка структурной схемы АС | 19 |
| 2.3 Функциональная схема автоматизации | 20 |
| 2.4 Разработка схемы информационных потоков БКНС | 21 |
| 2.5 Выбор средств реализации БКНС | 23 |
| 2.5.1 Выбор контроллерного оборудования БКНС | 23 |
| 2.5.2 Выбор датчиков | 26 |
| 2.5.3 Выбор исполнительных механизмов | 38 |
| 2.6 Разработка схемы внешних проводок..... | 40 |
| 2.7 Выбор алгоритмов управления АС БКНС..... | 40 |
| 2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений | 40 |
| 2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром | 41 |
| 2.8 Экранные формы АС БКНС..... | 45 |
| 2.8.1 Условные графические обозначения..... | 46 |
| 3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности | 48 |
| 3.1 Технология QuaD | 48 |
| 3.2 Планирование научно-исследовательских работ..... | 49 |
| 3.3 Бюджет научно-технического исследования | 52 |
| 3.3.5 Расчет затрат на электроэнергию | 55 |

| | |
|--|----|
| 3.3.6 Расчет амортизационных расходов | 56 |
| 3.3.8 Расчет прочих расходов..... | 57 |
| 3.3.9 Расчет общей себестоимости | 58 |
| 3.3.10 Расчет прибыли | 58 |
| 3.3.11 Расчет НДС | 58 |
| 3.3.12 Цена разработки НИР | 59 |
| 3.4 Оценка экономической эффективности проекта | 59 |
| 4. Социальная ответственность | 61 |
| 4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 62 |
| 4.1.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности..... | 62 |
| 4.1.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности | 63 |
| 4.1.2.1 Эргономические требования к рабочему месту | 63 |
| 4.1.2.2 Окраска и коэффициенты отражения..... | 64 |
| 4.2 Производственная безопасность | 64 |
| 4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов..... | 64 |
| 4.2.1.1 Отклонения показателей микроклимата..... | 65 |
| 4.2.1.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света..... | 67 |
| 4.2.1.3 Повышенный уровень шума..... | 68 |
| 4.2.1.4 Электробезопасность..... | 70 |
| 4.3 Экологическая безопасность..... | 71 |
| 4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду | 71 |
| 4.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду. | 71 |
| 4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды | 72 |
| 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... | 73 |

| | |
|--|----|
| 4.4.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований..... | 73 |
| 4.4.2 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований | 74 |
| 4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации | 74 |
| Заключение | 77 |
| Список используемых источников..... | 78 |
| Приложение А (Обязательное) Функциональная схема упрощенного типа | 80 |
| Приложение Б (Обязательное) Техническое задание..... | 81 |
| Приложение В (Обязательное) Трехуровневая структурная схема..... | 88 |
| Приложение Г (Обязательное) Схема автоматизации развернутого типа | 89 |
| Приложение Д (Обязательное) Схема автоматизации по ANSI/ISA..... | 90 |
| Приложение Е(Обязательное) Схема внешних проводок | 91 |
| Приложение Ж (Обязательное) Алгоритм сбора данных | 92 |
| Приложение З (Обязательное) Мнемосхема | 93 |

Термины и определения

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN): Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

видеокадр: Область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.
мнемосхема: представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

мнемознак: Представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

интерфейс оператора: Совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

профиль АС: Определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART и др.): Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

технологический процесс (ТП): Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

архитектура автоматизированной системы: Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых komponуется АС.

OPC-сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

тег: Метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

modbus: Коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер».

Обозначения и сокращения

В представленной работе используются следующие сокращения:

БКНС – блочно-кустовая насосная станция;

УКПГ – установка комплексной подготовки газа;

ГЖС – газожидкостная смесь;

PLC (Programmable Logic Controllers) – программируемые логические контроллеры (ПЛК);

HMI (Human Machine Interface) – человеко-машинный интерфейс;

OPC (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

IP (International Protection) – степень защиты;

SAP – система автоматического регулирования;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

Введение

Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли является одним из прогрессирующих направлений в области автоматизации. Под автоматизацией понимается применение комплекса аппаратно-технических средств, экономико-математических средств, систем управления, которые частично освобождают человека от участия в повторяющихся или циклических процессах, или от иного труда. В выпускной квалификационной работе будет рассмотрена автоматизация системы управления блочно-кустовой насосной станции (БКНС). Для этого в первую очередь составляется техническое задание, согласно, которому рассматривается технологический процесс работы БКНС, структура автоматизированной системы, идет подбор комплекса аппаратно-технических средств, реализация алгоритмов, подбор и реализация программного обеспечения, а также моделирование самого технологического процесса.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом блочно-кустовой насосной станции (БКНС).

Актуальность темы вызвана повышением производительности, прибыльности предприятия, одновременно увеличивая условия безопасности труда. Автоматизированные системы решают данные задачи путем постоянного контроля, мониторинга технологическими процессами, сокращение издержек ресурсов, предотвращение аварий, простоев на ремонт.

1 Описание технологического процесса

Автоматизированная блочная кустовая насосная станция (АБКНС) предназначена для закачки воды в продуктивные пласты нефтяных месторождений. БКНС обычно поставляется в виде отдельных блок-боксов, изготовленных в заводских условиях и поставляемых к месту строительства. Работа БКНС осуществляется следующим образом: вода по приёмному коллектору через задвижки и фильтры, на которых задерживаются механические примеси, поступает на вход насосных агрегатов. Пройдя насосные агрегаты, жидкость под давлением 21 МПа по напорному трубопроводу, через счётчики воды, обратные клапаны и задвижки, поступает в напорный коллектор. Через обратные клапаны и задвижки отводящих водоводов блока коллекторов жидкость направляется к нагнетательным скважинам. БКНС обычно включает в себя группу однотипных насосов. Для обеспечения смазки и охлаждения подшипников основных насосных агрегатов предусмотрены индивидуальные системы смазки для каждого насоса. Подача масла к подшипникам электродвигателей осуществляется следующим образом: масло из маслобака, по приёмному трубопроводу, поступает на вход насосного агрегата. Пройдя насосный агрегат, масло под давлением по напорному трубопроводу, через маслоохладители поступает к подшипникам электродвигателей. От подшипников электродвигателей масло самотёком, через вентили, сливается в маслобак. Охлаждение масла – воздушное.

Функциональная схема приведена в приложении А.

2 Разработка аппаратно-программной части АС

2.1 Разработка технического задания к проектируемой АС

Техническое задание (ТЗ) содержит требования к разрабатываемой автоматизированной системе. ТЗ включает общие сведения, требования к функциональности и внешнему виду, состав системы и предполагаемые виды работ. Техническое задание должно содержать чёткие формулировки, подробные описания, поясняющие рисунки и схемы. ТЗ позволяет разработчику ознакомиться со всеми требованиями и разработать систему, которая будет удовлетворять требования заказчика.

При подготовке технического задания учитывается:

- тип описываемого объекта (программное обеспечение, аппаратное обеспечение, услуга и т.д.);
- цель создания технического задания;
- требования к оформлению (по шаблону заказчика или по ГОСТ);
- необходимость корректировки технического задания по мере работы над проектом;

Разработанное в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602-89, ГОСТ 21.208-2013, ГОСТ 21.408-2013, техническое задание приведено в приложении Б.

2.2 Выбор архитектуры АС

В основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит понятие ее профиля. Под профилем понимается набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Основными целями применения профилей являются:

- снижение трудоемкости проектов АС;
- повышение качества оборудования АС;
- обеспечение расширяемости (масштабируемости) АС по набору прикладных функций;

- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- профиль прикладного программного обеспечения;
- профиль среды АС;
- профиль защиты информации АС;
- профиль инструментальных средств АС.

В роли профиля будет выступать прикладное ПО, а именно SCADA-система TraceMode 6.09. Профиль среды автоматизированной системы будет базироваться на операционной системе Windows 10.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда;
- платформа сервисов;
- прикладное ПО.

Уровни связываются (взаимодействуют) между собой через интерфейсы.

Внешней средой АС является полевой уровень АС.

Платформа сервисов предоставляет сервисы классов API и EEI через соответствующие интерфейсы.

Верхний уровень (прикладное ПО) включает в себя SCADA-системы, СУБД и HMI.

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой клиент-сервер. Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. Суть OPC сводится к следующему: предоставить разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс (набор функций обмена данными с любыми устройствами АС).

В качестве связи SCADA с датчиками и исполнительными устройствами используется унифицированный токовый сигнал 4–20 мА. Для передачи данных будем использовать RS-485, RS-232, Ethernet, TCP/IP.

2.3 Разработка структурной схемы АС

Структурная схема автоматизированной системы будет основана на трехуровневой иерархической системе. Трехуровневая структурная схема АС приведена в приложении В.

Нижний уровень системы представляет собой первичные средства измерений. Полевой уровень разрабатываемой системы будет состоять из следующих датчиков:

- датчики избыточного давления;
- датчики дифференциального давления;
- датчики температуры;
- датчики уровня;
- датчики расхода;
- датчик положения;

Средний (контроллерный) уровень представляет собой контроллерное оборудование. Программируемые логические контроллеры, выполняющие функцию сбора информации, ее обработки, выдачу воздействий на исполнительные механизмы, хранение и отправку информации на верхний уровень. Контроллеры устанавливаются в пылевлагозащищенный шкаф, датчики и исполнительные механизмы подключаются при помощи модулей ввода/вывода через защищенный кабельный ввод и барьер искрозащиты.

К верхнему уровню относятся компьютеры и сервера базы данных, которые объединены в локальную сеть Ethernet. Верхний уровень выполняет функции. В нашей системе использована SCADA-система TraceMode 6.09.

Верхний уровень представлен АРМ оператора:

Персональный компьютер:

- монитор 21 дюйм;
- клавиатура;
- мышь;
- видеосервер;
- ИБП.

Программное обеспечение:

- Excel;
- Trace Mode 6.09;
- OPC сервер;
- Драйвер RS-485;
- Драйвер AC4;
- Modbus RTU.

2.4 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации обеспечивает ясную иллюстрацию и позиционную информацию всего автоматизированного оборудования, трубопроводов и приборов всем работникам, которые хотят понять процесс.

Схема автоматизации включает в себя средства технического обеспечения, участвующие в процессе, отображенном на схеме, за исключением вспомогательных устройств и аппаратуры (источники питания, реле, магнитные пускатели), функциональные связи между средствами технического обеспечения.

В данной работе функциональная схема автоматизации разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [13, 14].

Функциональная схема развернутого типа приведена в приложении Г, а по стандарту ANSI/ISA в приложении Д.

2.5 Разработка схемы информационных потоков БКНС

Схема информационных потоков, которая приведена, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки),
- средний уровень (уровень текущего хранения),
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- избыточное давление на входе насосов;
- избыточное давление на выходе насосов;
- дифференциально давление на фильтрах;
- уровень конденсата в дренажной емкости;
- расход воды на входе/выходе КНС;
- температура подшипников;
- температура масла.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD,

где

1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- RAS – расход;
- URV – уровень;
- REG – управляющий сигнал;

2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- VHD – входной трубопровод;
- VYH – выходной трубопровод;

– DVG – двигатель;

– KNS – КНС;

– SEP – сепаратор;

– MAS – маслосистема;

3) CCCC – уточнение, не более 4 символов:

– NEFT – нефть;

– MASL – масло;

– VODA – вода;

– GAZ – газ;

– POD – подшипник;

4) DDDDD – примечание, не более 5 символов:

– RAB – рабочий диапазон;

– AVRH – верхняя аварийная сигнализация;

– AVRL – нижняя аварийная сигнализация;

– PRDH – верхняя предупредительная сигнализация;

– PRDL – нижняя предупредительная сигнализация.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка сигналов в SCADA-системе

| Кодировка | Расшифровка кодировки |
|-------------------|---|
| DAV_VHD_WORK_VOD | Давление воды на входе насосов |
| DAV_VYH_WORK_VOD | Давление воды на выходе насосов |
| URV_SEP_WORK_VOD | Уровень воды в сепараторе |
| URV_MAS_WORK_MASL | Уровень масла в маслобаках маслосистемы |
| RAS_VHD_WORK_VOD | Расход воды на входе в КНС |
| RAS_VYH_WORK_VOD | Расход воды на выходы КНС |
| TEM_DVG_WORK_POD | Температура подшипников электропривода |
| TEM_MAS_WORK_MASL | Температура масла в маслосистеме |

2.6 Выбор средств реализации БКНС

Для выбора средств реализации рассматривается комплекс технических средств. Основной задачей является сравнительный анализ средств, подбор осуществляется на основании технического задания. Средства должны удовлетворять возможностям полноты выполнения функций автоматизированной системы, удовлетворять техническому, программному, метрологическому обеспечению и надежности системы, при этом стоит учитывать стоимость ввода в эксплуатацию данной системы.

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования БКНС

Для выбора контроллера произведем оценку следующих видов ПЛК:

- Schneider Electric Modicon M241;
- Allen Bradley SLC 1750;
- Siemens S7-300.

Сравнительный анализ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ контроллеров

| Параметр | Schneider Electric M-241 | Allen Bradley SLC 1750 | Siemens S7-300 |
|---------------------|---|---|---|
| Модули ввода/вывода | 24 дискретных входов/выходов. Подключение дополнительных модулей | До 1024 точек автоматизации | Модульная архитектура с наращиванием |
| Время цикла | 0,3 мс | 0,3 мс | 0,2 мс |
| Резервирование | 128 МБ на флеш память | 128 МБ на флеш память | 128 МБ на флеш память |
| Протокол | Modbus, Ethernet. | Ethernet/IP; ControlNet; DeviceNet; Data Highway Plus; | RS-485, Modbus RTU, Profibus, Ethernet |

Продолжение таблицы 2 – Сравнительный анализ контроллеров

| Параметр | Schneider Electric M-241 | Allen Bradley SLC 1750 | Siemens S7-300 |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|
| Языки программирования | FBD, LD, SFC | FBD, LD, SFC | FBD, LD, CFC, STL |
| Средняя наработка на отказ | 200 000 ч | 100 000 ч | 150 000 ч |
| Цена | От 25 000 руб | От 50 000 руб | От 40 000 руб |

Для нашего проекта автоматизации достаточно использовать SchneiderElectricModiconM241 (рисунок 3). Так как его вполне достаточно по функциональным возможностям, при этом у него повышенная надежность, дополнительным модули ввода/вывода можно заказать. Другие рассмотренные аналоги являются более дорогими и целесообразнее использовать их для более большого объема автоматизации.



Рисунок 1 – SchneiderElectricModiconM241

Логический контроллер Modicon M241 обладает лучшей в классе связью с 5 встроенными портами. Порты Ethernet позволяют получить неограниченный доступ к вашей машине в любом месте и в любое время, упрощая эксплуатацию, с помощью мобильных устройств.

Достигнуть максимальной производительности с повышением прибыльности с ПЛК Modicon M241:

- Интуитивно понятное машинное программирование с ПО SoMachine с готовыми к использованию приложениями и функциональными блоками
- Все необходимые встроенные функции и особенности контроллера
- Гибкое и масштабируемое управление машиной повысит уровень производительности для улучшения эффективности
- Подключение в любом месте через Ethernet, беспроводной доступ, веб-серверы для упрощения машинной интеграции и обслуживания.

Дополнительно к контроллеру необходимо заказать модули ввода/вывода MODICONTM3 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Модули ввода/вывода

Также нужно заказать модуль связи по Ethernet TM4ES4 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Модуль связи EthernetTM4ES4

Количество соединений: 8 сервер Modbus; 16 Ethernet/IP устройство.

Скорость передачи данных: 10/100 Мбит/сек.

Резервирование: нет.

Протокол обмена данными: SNMP, TCP, UDP, EthernetIP/ModbusTCP.

2.6.2 Выбор датчиков

2.6.2.1 Выбор расходомера

В качестве расходомеров рассмотрим кориолисовые расходомеры:

- Метран 360;
- Micro Motion F24;
- Yokogawa Rota Mass 3;

Сравнение расходомеров приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение кориолисовых расходомеров

| Параметр | Метран 360 | Kobold DMH-R | Yokogawa Rotamass 3 |
|-----------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Погрешность измерения | $\pm 0,1$ | $\pm 0,25$ | $\pm 0,1$ |
| Выходной сигнал | (4-20) мА + HART | (4-20) мА + HART | (4-20) мА + HART |

Продолжение таблицы 3 – Сравнение кориолисовых расходомеров

| Параметр | Метран 360 | Kobold DMH-R | Yokogawa Rotamass 3 |
|----------------------------------|------------|--------------|---------------------|
| Межповерочный интервал | 4 года | 4 года | 4 года |
| Средний срок службы | 18 лет | 12 лет | 12 лет |
| Степень защиты | IP68 | IP68 | IP68 |
| Среднее время наработки на отказ | 100 000 ч | 30 000 ч | 170 000 ч |
| Цена | 250 000 | 180 000 | 210 000 |

В итоге выбран расходомер YokogawaRotamass 3 (рисунок 6), так как удовлетворяет поставленным задачам автоматизации. При этом повышенные качества надежности, в отличие от Kobold, который не удовлетворяет требованиям к надежности. Стоимость ниже, чем у Метран.



Рисунок 6 – Расходомер YokogawaRotamass

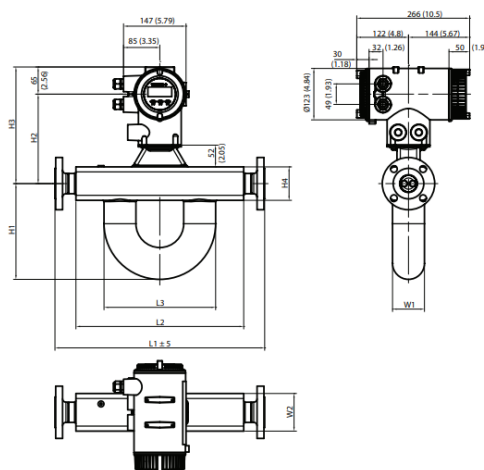
Кориолисовые расходомеры RotaMASS являются высокоточными измерительными приборами, устойчивыми к внешним факторам окружающей среды, вибрации, механическим напряжениям в трубопроводе.

Технические характеристики приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики Yokogawa Rotamass

| | |
|-------------------------------|--|
| Погрешность измерений | 0,1% для жидкостей 0,5% для газа |
| Диапазон измерений | (0 – 300) т/ч |
| Пределы рабочих температур | от минус 200 до 350 °С |
| Максимальное рабочее давление | До 400 бар |
| Выходной сигнал | 2 выхода (4 – 20) мА. Цифровая связь по HART протоколу. Modbus, Foundation Fieldbus. |
| Конструктивное исполнение | IP66/67, взрывозащищенное с искробезопасными выходами. |

Комплект закладных для датчиков Yokogawa Rotamass представлен на рисунке 7, опросный лист на рисунке 8.



| Модель | | L1 | L2 | L3 | H1 | H2 | H3 | H4 | W1 | W2 | Вес |
|--------|---------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------|
| RCCT34 | мм (дюймы) | см. табл. 11 | 272 (10.7) | 212 (8.35) | 177 (6.97) | 214 (8.43) | 279 (11) | 80 (3.15) | 60 (2.36) | 80 (3.15) | 13-24 кг (2.9-53 ф.) |
| RCCT36 | мм (дюймы) | см. табл. 11 | 400 (15.7) | 266 (10.5) | 230 (9.06) | 214 (8.43) | 279 (11) | 80 (3.15) | 76 (2.99) | 90 (3.54) | 17.5-38 кг (3.9-84 ф.) |
| RCCT38 | мм (дюймы) | см. табл. 11 | 490 (19.3) | 267 (10.5) | 269 (10.6) | 224 (8.82) | 289 (11.4) | 100 (3.94) | 89 (3.5) | 110 (4.33) | 35.5-53 кг (78-117 ф.) |
| RCCT39 | мм (дюймы) | см. табл. 11 | 850 (33.5) | 379 (14.9) | 370 (14.6) | 240 (9.45) | 306 (12) | 135 (5.31) | 129 (5.08) | 160 (6.3) | 63-105 кг (139-232 ф.) |

Рисунок 7 – Закладные Yokogawa Rotamass

2. Условия процесса:

Среда: ☐ Газ ☒ Жидкость Наименование: _____
 Дополнительная информация о среде (состав, особенности, наличие газовой составляющей (в %), твердых включений): _____

| Рабочие условия | Мин | Раб. | Макс | Единицы |
|-------------------------------|-----|------|------|---------|
| Измеряемый расход: | 50 | 100 | 130 | м3/ч |
| Температура измеряемой среды: | 20 | 50 | 70 | °C |
| Давление измеряемой среды: | 18 | 20 | 22 | МПа |

Плотность среды при р.у.: _____ Вязкость среды при р.у.: _____
 Допустимый перепад давления: _____ Допустимая погрешность: 0,1 %
 Трубопровод: Ду 250 мм Материал: _____ ☐ Вертикальный ☐ Горизонтальный

3. Соединение с процессом:

☒ Фланцевое по EN(DIN) ☐ Фланцевое по ASME(ANSI) Уплотнение: _____
 Ответные фланцы: ☐ Требуются ☐ Не требуются
☐ Резьбовое (до 3/4") ☐ Другое Укажите тип: _____

4. Конструкция расходомера:

☐ Интегральная ☐ Раздельная, указать
 расстояние между преобразователем и детектором (макс. 300 м): _____ м
 Встроенный индикатор/сумматор: ☐ Требуется ☐ Не требуется
 Электропитание расходомера: ☐ 100-264 V AC ☒ 24 V DC
 Исполнение: ☐ Обычное (IP67) ☒ Взрывозащищенное, Exd
☐ Взрывозащищенное Exd с искробезопасными выходами (1 токовый, 1 импульсный)

5. Опции:

☐ Теплоизоляция ☐ Обогрев ☐ Опрессовка
☐ Активный импульсный выход 12В, 6мА
☐ Специальная калибровка по плотности
☐ Специальная калибровка по расходу в диапазоне: мин- _____ макс- _____
☐ Измерение концентрации 2-х компонентной смеси
 Компоненты: _____ Диапазон: _____ %

Рисунок 8 – Опросный лист YokogawaRotamass

2.6.2.2 Выбор датчиков давления

В качестве датчиков давления был проведен сравнительный анализ среди следующих видов:

- Метран 150;
- YokogawaEJXA;
- KoboldPADR.

Таблица сравнительного анализа приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ датчиков давления

| Параметр | Метран-150 | Yokogawa EJXA | Kobold PADR |
|------------------------------|--------------|---------------|-------------|
| Диапазоны пределов измерений | (0 – 30) МПа | (0–30) МПа | (0–25) МПа |

Продолжение таблица 5 – Сравнительный анализ датчиков давления

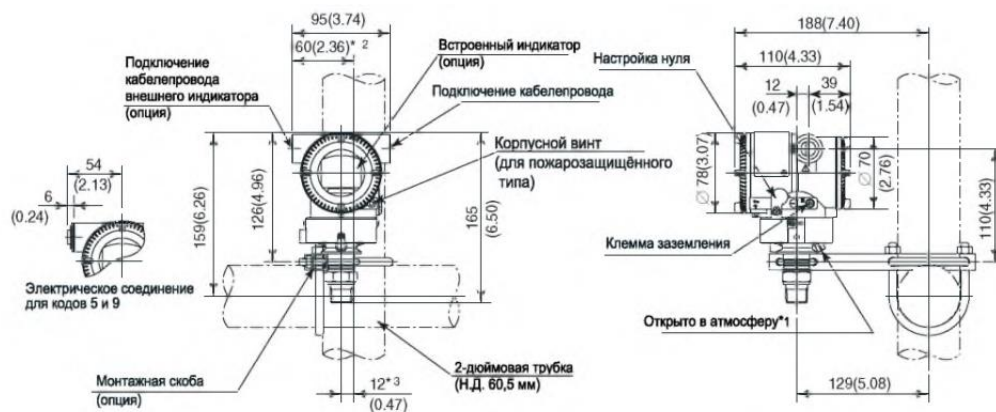
| | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Предел допускаемой погрешности | 0,1% | 0,04% | 0,25% |
| Выходной сигнал | (4–20) мА + HART протокол | (4–20) мА + HART протокол | (4–20) мА + HART протокол |
| Средняя наработка на отказ | 120 000 ч | 150 000 ч | 80 000 ч |

В результате анализа выбран датчик давления YokogawaEJXA (рисунок 9). Выбор основан на том, что давление в технологическом процессе БКНС является одним из наиболее важных параметров, поэтому особое внимание уделялось погрешности измерения и средней наработки на отказ, где выбранный нами датчик превосходит другие аналоги.



Рисунок 9 – Yokogawa EJXA

Комплект закладных и опросный лист для датчиков давления представлены на рисунках 10 и 11 соответственно.



*1: Только для EJX530A с измерительной шкалой с кодом A, B или C.
 *2: 58 мм (2,28 дюйма) для шкалы измерений с кодом D.
 *3: 11 мм (0,43 дюйма) для шкалы измерений с кодом D.

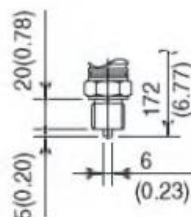


Рисунок 10 – Закладные датчика Yokogawa

3. Измеряемое давление :

Избыточное

Абсолютное

☒ Перепад давления

☐ Гидростатическое

| Рабочие условия | мин | норм | макс | единицы |
|---|-----|------|------|---------|
| Температура измеряемой среды: | 20 | 40 | 60 | °C |
| Максимальное статическое давление измеряемой среды: | | | 25 | МПа |

Требуемая рабочая шкала: _____ ÷ _____ (ед.) Допустимая погрешность: 0,1 _____ %

4. Протокол выходного сигнала:

☒ HART

☐ BRAIN

☐ FFfieldBus

5. Конструкция датчика:

Исполнение: ☐ Обычное, IP67

☐ Встроенный LCD индикатор

☐ Монтажный кронштейн

☐ EExd IIC T6

☐ EEx ia IIC T4

☒ EExd IIC T6 + EEx ia IIC T4

6. Подсоединение к процессу:

6.1 Подвод импульсных трубок:

☐ Снизу

☐ Сверху

☐ Разделительная мембрана

Сторона высокого давления:

☐ Слева (стандартно)

☐ Справа

Вентильный блок:

☒ 1-ходовой

☐ 2-х ходовой

☐ 3-х ходовой

☐ 5-ти ходовой

Присоединительная резьба:

☒ 1/2NPT(K $\frac{1}{2}$)

☐ Rc 1/2

☐ 1/4NPT(K $\frac{1}{4}$)

☐ Rc 1/4

☐ Внутренняя

☐ Внешняя

☐ M20x1.5 + ☐ Ниппель с накидной гайкой под сварку

☐ фитинг под обжимное кольцо (Parker A-LOCK)

Размер импульсной трубки (внеш диаметр x толщ стенки): _____ x _____ мм

6.2 Присоединение к разделительной мембране:

Фланец: ☒ DIN DN/PN: _____ / _____ ☐ ANSI: _____ / _____

Материал фланца: ☒ Угл. сталь ☐ Нерж. сталь Исполнение: _____

Тип мембраны: ☐ Плоская ☒ выступ 50 мм ☐ выступ 100 мм ☐ выступ 150 мм

Кольцо промывочное: ☒ Требуется ☐ Не требуется

Длина капиллярных трубок разделительных мембран: _____ м

Рисунок 11 – Опросный лист датчика давления

2.6.2.3 Выбор датчика температуры

В качестве датчиков температуры для сравнительного анализа были выбраны:

- Метран-286;
- WIKATR10;
- ОВЕН ДТПК-И.

Результаты сравнения сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Обзор датчиков температуры

| Критерии выбора | ОВЕН ДТПК-И | WIKATR10-F | Метран-286 |
|--------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Диапазон измеряемых температур | От минус 50 до 150 | От минус 200 до 600 °C | От минус 50 до 1200 °C |
| Предел допускаемой погрешности | 0,25% | 0,1% | 0,15% |
| Взрывозащищенность | ExdIICT6 | ExiaIICT6 | ExdeIICT6 |
| Срок службы | 5 лет | 5 лет | 5 лет |
| Средняя наработка на отказ | 30 000 ч | 30 000 ч | 100 000 ч |
| Цена | 8 000 руб | 12 000 руб | 15 000 руб |

В результате анализа в качестве датчика температуры был выбран Метран-286. Так как он подходит по функционалу, погрешность датчика удовлетворяет техническому заданию, а также удовлетворяет требованиям к надежности.



Рисунок 12 – Датчик температуры Метран-286

Интеллектуальные преобразователи температуры (ИПТ) Метран-280 предназначены для точных измерений температуры в составе автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Использование ИПТ допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким.

Связь ИПТ Метран-280 с АСУ ТП осуществляется:

- по аналоговому каналу - передачей информации об измеряемой температуре в виде постоянного тока 420 мА;
- по цифровому каналу - в соответствии с HART-протоколом в стандарте Bell-202.

Для передачи сигнала на расстояние используются 2-х-проводные токовые линии.

- Высокая точность
- Высокая стабильность метрологических характеристик
- Выходной сигнал 4-20 мА/HART
- Цифровая передача информации по HART-протоколу
- Использование 2-х-проводных токовых линий для передачи сигналов
- Дистанционное управление и диагностика

- Внесены в Госреестр средств измерений под №23410-08, сертификат №32615
- ТУ 4211-007-12580824-2002
 - Сертификат соответствия №РОСС RU.ГБ06.В00519 требованиям ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р 51330.1, ГОСТ Р 51330.10
 - Разрешение на применение №РРС 00С30587
 - ИПТ Метран-280:
 - о гальваническая развязка входа от выхода;
 - о повышенная защита от электромагнитных помех;
 - о программируемые уровни аварийных сигналов и насыщения;
 - о конструктив электронного преобразователя обеспечивает высокую надежность при длительной эксплуатации;
 - о сокращен минимальный поддиапазон измерений
 - По специальному заказу выпускаются преобразователи температуры Метран-288:
 - о диапазон измеряемых температур -50...1200°C;
 - о межповерочный интервал - 2 года.

Комплект закладных для датчика Метран-286 представлен на рисунке

13.

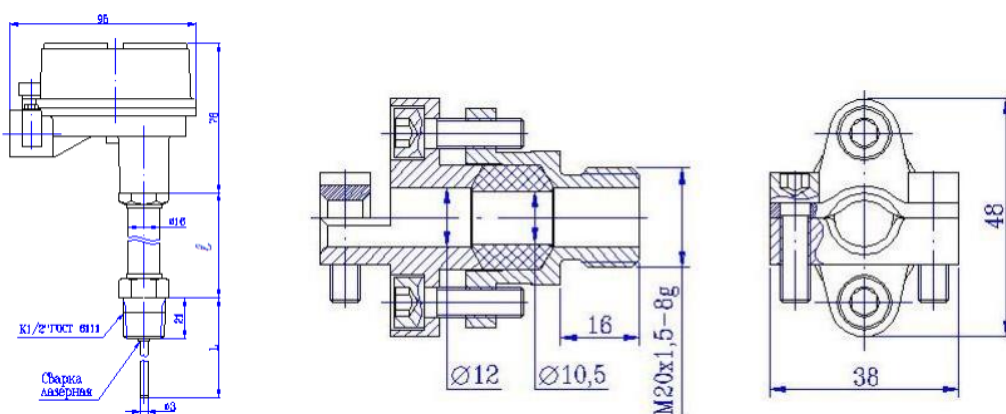


Рисунок 13 – Закладне Метран-286

2.6.2.4 Выбор уровнемера

Для выбора уровнемера был проведен сравнительный анализ, который предоставлен в таблице 7. Исходя из технического задания, основными критериями выбора послужили требования к техническому обеспечению, метрологическому, надежности.

Таблица 7 – Сравнительный анализ уровнемеров

| Критерии выбора | WIKA FLM | ПМП-152 | Rosemount 2120 |
|----------------------------------|-----------|-------------|----------------|
| Предел допускаемой погрешности | $\pm 1\%$ | $\pm 0,2\%$ | $\pm 0,02\%$ |
| Взрывозащищенность | ExdII BT4 | ExdII BT6 | ExibII BT6-T3 |
| Среднее время наработки на отказ | 50 000 ч | 100 000 ч | 100 000 |
| Цена | 12 000 | 15 000 | 27 000 |

В ходе сравнительного анализа был выбран сигнализатор уровня ПМП-152, так как он удовлетворяет техническому заданию, а стоимость его ниже чем Rosemount, при этом повышенных требований к контролю уровня не предъявлено, так как в системе предусмотрен только замер масла.

Предназначен для контроля от 1 до 4 уровней заполнения резервуара посредством переключения “сухих” контактов реле при достижении заданных значений уровня жидкости.

Применяется в технологических системах и агрегатах для: автоматического управления перекачивающим насосом или электромагнитным клапаном; предотвращения переполнения резервуара; предотвращения “сухого” хода насоса и других целей.

Преобразователь осуществляет изменение состояния (коммутацию, переключение) выходных цепей при достижении контролируемой средой величины установленных контрольных уровней.



Рисунок 14– Уровнемер ПМП-152

Принцип действия ПМП основан на применении герконов, изменяющих свое состояние (замкнут/разомкнут) при воздействии магнитного поля. Поплавок со встроенным магнитом под действием выталкивающей силы контролируемой среды свободно перемещается по направляющей. При достижении контрольного уровня (приближении к геркону) магнитное поле магнита поплавка воздействует на геркон и вызывает его переключение. Для того чтобы дальнейшее изменение уровня контролируемой среды не приводило к обратному переключению геркона, ход поплавка ограничен стопором (хомутом). Закладные датчика приведены на рисунках 15 и 16.

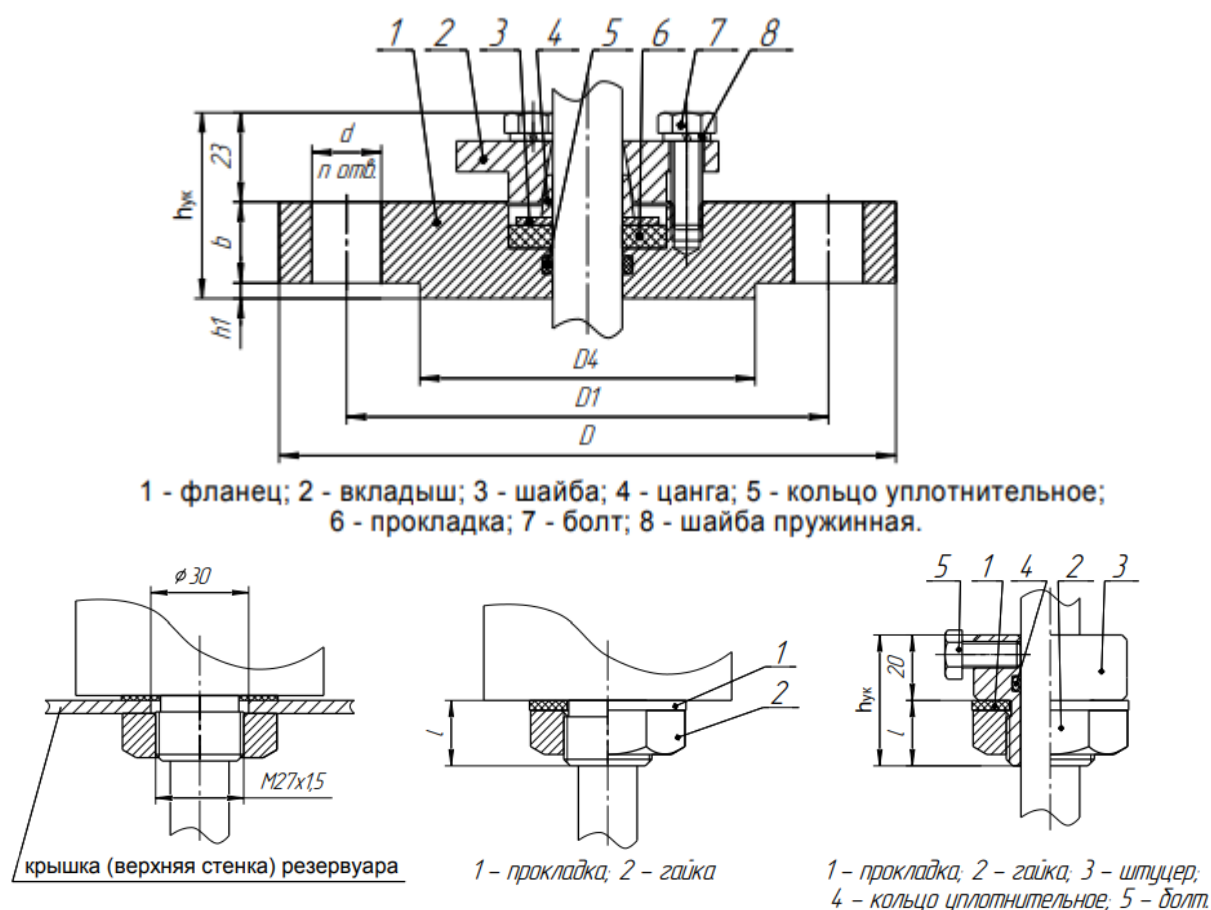


Рисунок 16 – Закладные датчика ПМП-152

2.6.3 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительные устройства, в первую очередь, представлены запорной арматурой. В этом ключе, были выбраны шиберные задвижки с дистанционным (электропривод) и ручным управлением DN100..200. Данный тип задвижек нашел широкое применение в нефтяной отрасли (рисунок 17).

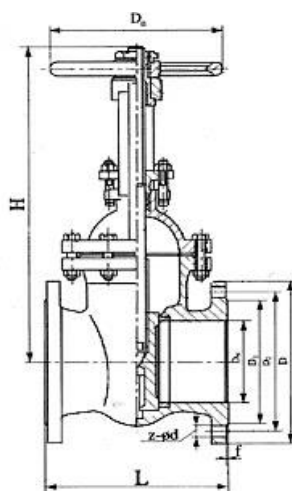


Рисунок 17 – Чертеж параллельной задвижки

Поворотом рукоятки задвижки приводится в действие шпиндель, который, в свою очередь, воздействует на затвор. Затвор, опускаясь или поднимаясь, закрывает или открывает проход задвижки. Для условного прохода более 150 мм рекомендуется устанавливать электропривод, и соответственно, управлять с помощью него. Перекрытие прохода, в этом случае, осуществляется через шток, который передает движение на нож. Перемещение ножа определяет степень перекрытия задвижки.

Исходя из оценки технических и экономических показателей, был проведен выбор электропривода. Рассматривались три варианта: ТУ-3791 ЭП4, ЭВИМ К5-44.00.00.000 и РэмТЭК-02. По итогу анализа характеристик был выбран РэмТЭК-02. РэмТЭК-02 – это взрывозащищенные, многооборотные электроприводы, управляющие трубопроводной арматурой с условным проходом до 200 мм. Основные функции электропривода со встроенным частотным преобразователем:

- управление трубопроводной арматурой с регулированием крутящего момента, скорости, положения;
- регулирование технологических параметров (давление, расход, температура) с помощью встроенного ПИД-регулятора полный комплекс защит электродвигателя;
- дистанционное управление электроприводом с помощью встроенного модуля ввода/вывода, включающего в себя, в зависимости от модификации по интерфейсным сигналам:
 1. аналоговое управление (4 – 20) мА
 2. управление и сигнализацию по дискретным входам/выходам
 3. встроенные интерфейсы RS-485 (Modbus RTU) и CAN
- управление электроприводом со встроенного поста управления, с ПДУ или с помощью ручного дублера;
- самоторможение выходного звена при исчезновении питания для линейного и поворотного исполнений;

- самодиагностика аварийных и предаварийных событий и сохранение их в "черном ящике" с привязкой ко времени [3].
- Степень защиты электропривода соответствует IP67.

2.7 Разработка схемы внешних проводок

При разработке схемы внешних проводок был принят общий контур заземления РЕ, согласно техническому заданию все полевые устройства должны быть заземлены. Марку кабеля выбрали КВВГ Э нг. Данный кабель представляет собой медные жилы с ПВХ изоляцией и защитным слоем. При этом использовался тип с экранированной защитой от магнитных полей. Кабель не горючего типа соответствует требованиям к ПУЭ. Данная марка кабеля предназначена для подключения к электроприемникам с напряжением до 660 В и частотой 100 Гц. Схема внешних проводок приведена в приложении Е.

2.8 Выбор алгоритмов управления АС БКНС

Согласно техническому заданию разработаем алгоритмы управления. В качестве алгоритмов разработаны:

- алгоритм сбора данных измерений;
- алгоритм автоматического регулирования.

2.8.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве алгоритма сбора данных рассмотрим канал контроля давления воды в трубопроводе. Алгоритм сбора данных представлен в приложении Ж.

Алгоритм работает следующим образом: идет начало работы, после чего запускается подпрограмма инициализации устройства. Далее осуществляем проверку на достоверность, делаем проверку на КЗ и на обрыв линии. Если обнаруживается КЗ или ХХ, то на панель оператора сразу же выводится соответствующее сообщение об ошибке. После этого идет запуск инициализации уставок. Затем идет проверка каждой уставки, если будет выявлено, что где-то уставка вышла за рамки, то выдается соответствующее

сообщение на экран оператора. При этом идет масштабирование сигнала с выводом единиц МПа.

2.8.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. ПИД-регулятор используется в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Объектом управления является участок трубопровода после насосного агрегата. С панели оператора задается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. Далее это давление приводится к унифицированному токовому сигналу 4-20 мА и подается на ПЛК. В ПЛК также подается значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подается на преобразователь, на выходе которого получаем частоту, пропорционально которой работает насос. На объект управления воздействует возмущение в виде потока проходящей жидкости. Объект управления представляет с собой апериодическое звено 1 порядка с запаздыванием.

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и

составляет 5 метров. Динамика объекта управления $W(p)$, выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода согласно [3] для схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(p)} = \frac{K}{Tp+1} e^{-\tau_0 p}, \quad (1)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где $Q_k(p)$ – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$ – измеряемый объемный расход жидкости;

ρ – плотность жидкости;

L – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

d – диаметр трубы;

c – коэффициент связи;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Характеристики объекта управления приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики объекта управления

| | Наименование | Ед. изм. | Количество |
|---|-------------------------|--------------------|------------|
| 1 | Плотность нефти | кг/м ³ | 838 |
| 2 | Вязкость нефти при 20°С | мм ² /с | 5,86 |

Продолжение таблицы 8 – Характеристики объекта управления

| | Наименование | Ед. изм. | Количество |
|---|---|-------------------|----------------|
| 3 | Выход фракций, не менее, до температуры: 200 °С 300°С 350°С | % об. | 27 47 57 |
| 4 | Массовая доля парафина, не более | % масс. | 6,0 |
| 5 | Массовая доля воды, не более | % масс. | 0,5 |
| 6 | Класс опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76* | | 3 |
| 7 | Предельно допустимая концентрация аэрозоля нефти в воздухе рабочей зоны (при перекачке и отборе проб) | мг/м ³ | 10 |

Рассчитаем передаточную функцию объекта управления согласно формулам (1) и (2):

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2,$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}} = \frac{480}{0,0314} \sqrt{\frac{838}{2 \cdot 0,098 \cdot 0,5 \cdot 10^6}} = 0,3827 \text{ с},$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 0,0314 \cdot 0,3827^2}{\frac{480}{3600}} = 0,6 \text{ с},$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{5 \cdot 0,0314}{\frac{480}{3600}} = 1,2 \text{ с},$$

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p} = \frac{1}{0,6p+1} e^{-1,2p}.$$

Насосный агрегат в упрощенном виде может быть представлен с помощью апериодического звена первого порядка:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1}, \quad (3)$$

$$T_{дв} = \frac{JM_K}{\omega_H}, \quad K_{дв} = \frac{\omega_H}{f_{max}} \quad (4)$$

где $K_{дв}$ – коэффициент усиления двигателя;

$T_{дв}$ – постоянная времени двигателя;

J – момент инерции двигателя;

M_k – крутящий момент двигателя;

ω_n – номинальная скорость двигателя;

f_{\max} – максимальная частота управления.

Значения параметров взяты из паспортов изделий [3]. Полученная передаточная функция полученная из формул (3) и (4) выглядит следующим образом:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} \cdot p + 1} = \frac{15}{1,88 \cdot p + 1}$$

Частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{K_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} \cdot p + 1}, \quad (5)$$

$$T_{\text{чп}} = \frac{T_{\text{дв}}}{2}, K_{\text{чп}} = \frac{f_{\max}}{I_{\max}}. \quad (6)$$

где $K_{\text{чп}}$ – коэффициент усиления частотного преобразователя;

$T_{\text{чп}}$ – постоянная времени частотного преобразователя;

f_{\max} – максимальная частота управления;

I_{\max} – максимальный ток управления;

В соответствии с данными паспорта, передаточная функция, найденная по формулам (5) и (6) выглядит следующим образом:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{10}{0,34 \cdot p + 1}.$$

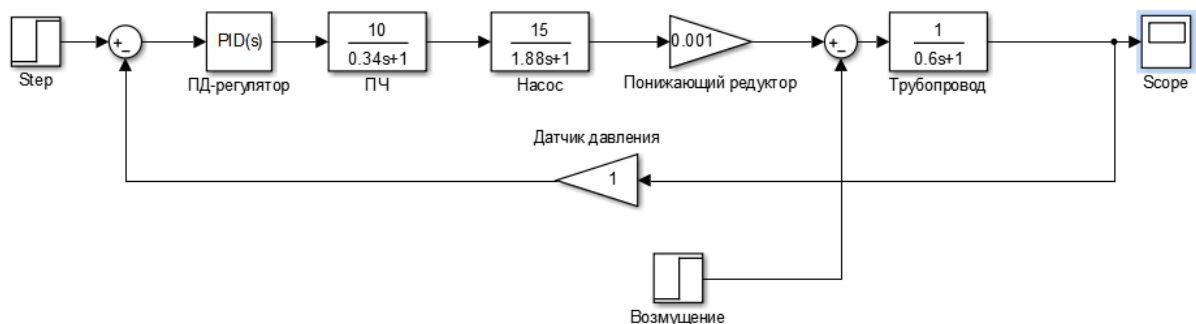


Рисунок 18 – Структурная схема САР

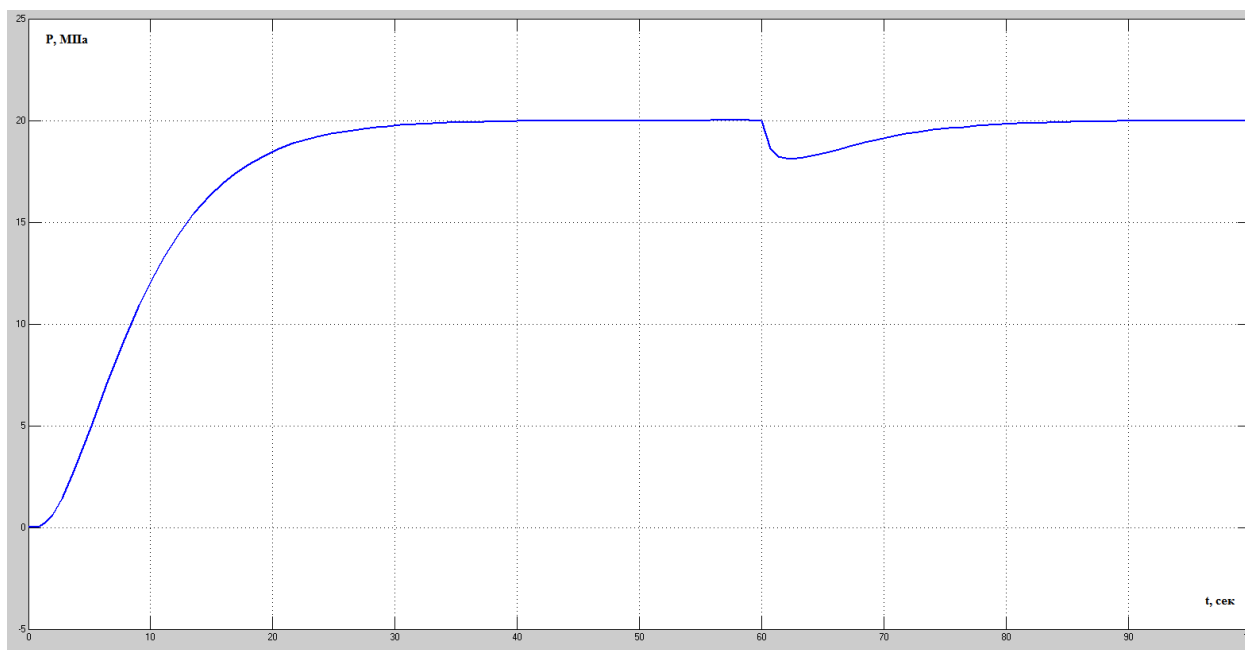


Рисунок 19 – График переходного процесса

Структурная схема САР приведена на рисунке 18, график переходного процесса на рисунке 19.

Время переходного процесса составляет примерно 20 секунд. Статическая ошибка равна нулю. Перерегулирование отсутствует, что положительно сказывается на трубопроводе и исполнительных механизмах. При введении возмущающего воздействия на 60 секунде, система с ним справляется.

2.9 Экранные формы АС БКНС

За основу при проектировании графического интерфейса принять стандарт оконного графического интерфейса Windows™. Графический интерфейс системы управления обеспечивает наглядное представление текущего состояния объекта и предоставляет оператору возможности по управлению.

Экран дисплея поделен на две части. В верхней части экрана расположено окно системных сообщений, в нем отображаются последние сигнализации и служебные кнопки. Остальная часть экрана предназначена для отображения основного и дополнительных окон управления и контроля. В

полноэкранный режим отображается одно основное окно управления и контроля.

Различаются два вида окон: системные и пользовательские.

Системные окна являются стандартными и не зависят от объекта автоматизации, пользовательские окна имеют непосредственное отношение к технологическому процессу и разделяются на:

- основные графические окна (мнемосхемы);
- всплывающие графические окна (мнемосхемы);
- панели управления приборами.

Структура окон проекта (рисунок 20) позволяет пользователю системы переходить из окон верхнего уровня структуры в окна нижнего уровня. Все окна сгруппированы по типу передаваемой информации.

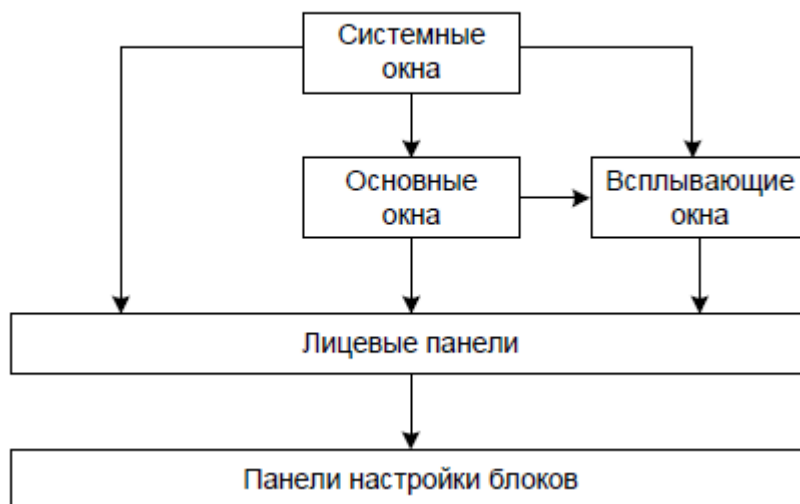


Рисунок 20 – Структура окон проекта

2.9.1 Условные графические обозначения

Ниже приведены УГО параметров, управляющих устройств, символов перехода и прочих символов, расположенных на основных мнемосхемах.





УГО параметров и управляющих устройств предназначены для отображения текущих значений параметров и состояния оборудования. При двойном щелчке по УГО открывается.

Лицевая панель выбранного параметра или устройства. УГО символов перехода предназначены для перехода на дополнительное окно или лицевую панель устройств. УГО аналоговых параметров.

Таблица 10 – УГО аналоговых параметров

| Цвет индикации | Значение индикации |
|---|--|
|  | Значение параметра в пределах нормы (зеленый цвет фона); |
|  | Значение параметра превысило предупредительный уровень (желтый цвет фона); |
|  | Значение параметра превысило предаварийный уровень (красный цвет фона); |
|  | значение параметра недостоверно (оранжевый цвет фона); |
|  | параметр находится в режиме "Калибровка" (голубой цвет фона); |
|  | нет связи с ПЛК (серый цвет фона). |

Таблица 11 – УГО информационных дискретных параметров

| Цвет индикации | Значение индикации |
|---|--|
|  | значение параметра в пределах нормы (зеленый цвет фона); |
|  | значение параметра недостоверно (желтый цвет фона); |
|  | значение параметра не в норме (красный цвет фона); |
|  | нет связи с ПЛК (серый цвет фона). |

Экранная форма технологического объекта БКНС представлена в приложении 3.

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие БКНС для транспортировки нефти и газа. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия, имеющие БКНС. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления добычей и транспортировкой нефти, а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

В ВКР рассматривается автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. В данном разделе дается характеристика и сравнительная оценка разрабатываемой системы управления. Также произведена оценка ресурсоэффективности данной разработки.

3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUalityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 12).

Таблица 12 – Оценочная карта QuaD

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Оносительное значение | Средневзвешенное значение |
|--|--------------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| Повышение производительности | 0,12 | 80 | 100 | 0,8 | 9,6 |
| Удобство в эксплуатации | 0,1 | 75 | 100 | 0,75 | 7,5 |

Продолжение таблицы 12 – Оценочная карта QuaD

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Оносительное значение | Средневзвешенное значение |
|---|--------------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| Помехоустойчивость | 0,05 | 40 | 100 | 0,4 | 2 |
| Энергоэкономичность | 0,09 | 30 | 100 | 0,3 | 2,7 |
| Надежность | 0,15 | 95 | 100 | 0,95 | 14,25 |
| Уровень шума | 0,05 | 40 | 100 | 0,4 | 2 |
| Безопасность | 0,11 | 95 | 100 | 0,95 | 10,45 |
| Потребность в ресурсах памяти | 0,03 | 50 | 100 | 0,5 | 1,5 |
| Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0,1 | 30 | 100 | 0,3 | 3 |
| Простота эксплуатации | 0,05 | 75 | 100 | 0,75 | 3,75 |
| Качество интеллектуального интерфейса | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 4 |
| Ремонтопригодность | 0,1 | 85 | 100 | 0,85 | 8,5 |
| Итого: | 1 | | | | 69,25 |
| | | | | | |

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 69,25, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;

- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13.

Таблица 13– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб. | Содержание работы | Должность исп-ля | Загрузка |
|--|--------|---|------------------|----------------|
| Разработка задания на НИР | 1 | Составление и утверждение задания НИР | Р | Р-100% |
| Проведение НИР | | | | |
| Выбор направления исследования | 2 | Изучение исходных данных и материалов по тематике | Р, И | Р-50%, И-100% |
| | 3 | Разработка и утверждение техзадания (ТЗ) | Р, И | Р-100%, И-100% |
| | 4 | Календарное планирование работ | Р, И | Р-50%, И-100% |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5 | Разработка структурных схем | И | И-100% |
| | 6 | Разработка функциональных схем | И | И-100% |
| | 7 | Выбор технических средств автоматизации | Р, И | Р-50% И-100% |
| | 8 | Выбор алгоритмов управления | Р, И | Р-50% И-100% |
| | 9 | Разработка экранной формы | И | И-100% |
| Оформление отчета по НИР | 10 | Составление пояснительной записки | И | И-100% |

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \quad (7)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$);

$T_{\text{ВЫХ}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВЫХ}} = 104$);

$T_{\text{ПР}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПР}} = 14$).
















В таблице 14 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 14 – Временные показатели проведения работ

| № раб. | Исполнители | Продолжительность работ | | | | | | |
|--------|-------------|-------------------------|---------------|--------------|------------|------|-------------|----|
| | | Tmin, чел-дн. | Tmax, чел-дн. | Тож, чел-дн. | Тр, раб.дн | | Ткд, кал.дн | |
| | | | | | Р | И | Р | И |
| 1 | Р | 1 | 2 | 1,4 | 1,4 | - | 2 | - |
| 2 | Р, И | 1 | 2 | 1,4 | 0,7 | 1,4 | 1 | 2 |
| 3 | Р, И | 2 | 3 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 3 | 3 |
| 4 | Р, И | 1 | 2 | 1,4 | 0,7 | 1,4 | 1 | 2 |
| 5 | И | 2 | 3 | 2,4 | - | 2,4 | - | 3 |
| 6 | И | 5 | 10 | 7 | - | 7 | - | 10 |
| 7 | Р, И | 2 | 3 | 2,4 | 1,2 | 2,4 | 2 | 3 |
| 8 | Р, И | 3 | 6 | 4,2 | 2,1 | 4,2 | 3 | 6 |
| 9 | И | 3 | 6 | 4,2 | - | 4,2 | - | 6 |
| 10 | И | 1 | 2 | 1,4 | - | 1,4 | - | 2 |
| Итого | | | | | 8,5 | 26,8 | 12 | 37 |

На руководителя приходится 12 дней, на студента-дипломника 37 дней.

На основе таблицы 6 построим календарный план-график. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

| № | Вид работы | Исп-ли | Ткд | С 16.04.2020 г. по 24.05.2020 г. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|-----|---|---|---|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | Составление и утверждение задания НИР | Р | 2 |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Изучение исходных данных и материалов по тематике | Р | 1 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И | 2 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Разработка и утверждение ТЗ | Р | 3 | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И | 3 | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Календарное планирование работ | Р | 1 | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И | 2 | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Разработка структурных схем | И | 3 | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Разработка функциональных схем | И | 10 | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Выбор технических средств автоматизации | Р | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | | |
| | | И | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | | |
| 8 | Выбор алгоритмов управления | Р | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | |
| | | И | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | |
| 9 | Разработка экранной формы | И | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 10 | Составление пояснительной записки | И | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | |



 - руководитель  - исполнитель

Рисунок 20 – Календарный план график проведения НИОКР

3.3 Бюджет научно-технического исследования

3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 15 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 15 – Материальные затраты

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена за ед., руб | Затраты на материалы, руб |
|--|-------------------|------------|------------------|---------------------------|
| SchneiderElectricModiconM241 | шт. | 1 | 27937,59 | 34921,9875 |
| Расходомер YokogawaRotamass 3 | шт. | 2 | 29000 | 66700 |
| Датчики давления YokogawaEJXA | шт. | 4 | 16000 | 73600 |
| Датчик температуры Метран-286 | шт. | 3 | 2280 | 7866 |
| Уровнемер ПМП-152 | шт. | 3 | 17000 | 58650 |
| Частотный преобразователь Danfoss VLT AQUA 0,5 кВт | шт. | 2 | 71000 | 163300 |
| Клапан, регулирующий РэмТЭК-02 | шт. | 3 | 68000 | 244800 |
| Прямоходный привод AUMA MATIC Ex 16 | шт. | 3 | 180360 | 676350 |
| Итого: | | | | 1326187,99 |

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования Mitsubishi. В таблице 16 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

| Наименование | Количество единиц | Цена единицы оборудования, руб | Общая стоимость, руб |
|--------------|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| Trace Mode | 1 | 78800 | 78800 |
| ИТОГО: | | | 78800 |

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/20,75 \quad (8)$$

учитывающей, что в году 249 рабочих день и, следовательно, в месяце в среднем 20,75 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчет заработной платы приведен в таблице 10. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,62$.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 17.

Таблица 17 – основная заработная плата

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | Среднедневная ставка, руб./раб. день | Затраты времени, раб. дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|---------------|---------------------|--|---------------------------------|-------------|--------------------------|
| НР | 21 760 | 870,4 | 9 | 1,699 | 13309,29 |
| И | 9 489 | 457,30 | 27 | 1,62 | 20002,30 |
| Итого: | | | | | 33311,59 |

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляет 30%. Отчисления внебюджетные фонды приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб |
|---|--------------------------------|
| Руководитель проекта | 15031,58 |
| Инженер | 31595,79 |
| Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, % | 30,00 |
| Итого: | 13988,21 |

3.3.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (9)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{э}} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 14 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (10)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_c, \quad (11)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{об}$, час | Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт | Затраты $\Delta_{об}$, руб. |
|---------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| Персональный компьютер | 216·0,6 | 0,3 | 256,22 |
| Струйный принтер | 5 | 0,1 | 3,3 |
| Итого: | | | 259,52 |

3.3.6 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{ам} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}, \quad (12)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Стоимость ПК 45000 руб, время использования 216 часов, тогда для него $C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 45000 \cdot 216 \cdot 1) / 2408 = 1614,62$ руб. Стоимость принтера 12000 руб., его $F_d = 500$ час.; $N_A = 0,5$; $t_{pf} = 5$ час., тогда его $C_{AM}(Пр) = (0,5 \cdot 12000 \cdot 5 \cdot 1) / 500 = 60$ руб. Итого начислено амортизации 1674,62 руб.

3.3.7 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Время пребывания в командировке составило 50 календарных дней (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии 50 руб./день $\cdot 45$ дней = 2250 руб. (основные расходы за счет принимающей стороны); оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 4720 руб.; аренда специальных приборов – 4200 руб.; почтовые расходы – 240 руб.; консалтинговые услуги – 1500 руб. Итого по данному пункту $C_{нр} = (50 - 1) \cdot 100 + 2250 + 4720 + 4200 + 240 + 1500 = 17\,810$ руб.

3.3.8 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{спец} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1 \quad (13)$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч.}} = (1326187,99 + 78800 + 33311,59 + 9993,48 + 259,52 + 1674,72 + 17810) \cdot 0,1 = 146803,73 \text{ руб.}$$

3.3.9 Расчет общей себестоимости

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Материалы и покупные изделия | $C_{\text{мат}}$ | 1326187,99 |
| Затраты на специальное оборудование | $C_{\text{спец}}$ | 78800 |
| Основная заработная плата | $C_{\text{зп}}$ | 33311,59 |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{\text{соц}}$ | 9993,48 |
| Расходы на электроэнергию | $C_{\text{эл.}}$ | 259,52 |
| Амортизационные отчисления | $C_{\text{ам}}$ | 1674,72 |
| Непосредственно учитываемые расходы | $C_{\text{нр}}$ | 17 810 |
| Прочие расходы | $C_{\text{проч}}$ | 146803,73 |
| Итого: | | 1614841,03 |

Таким образом затраты на разработку составили 1614841,03 руб.

3.3.10 Расчет прибыли

Прибыль проекта составляет 20% от расходов на разработку проекта.

$$П = 1614841,03 \cdot 0,2 = 322968,21 \text{ руб.}$$

3.3.11 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(1614841,03 + 322968,21) \cdot 0,2 = 387561,85$ руб.

3.3.12 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 1614841,03 + 322968,21 + 387561,85 = 2325371,09 \text{ руб.}$$

3.4 Оценка экономической эффективности проекта

Путем внедрения автоматизации, установки более нового оборудования позволило изменить объем производства. Современные и более надежные датчики позволяют проверять датчики раз в 4 года, соответственно снижаются издержки на обслуживание и поверку. Увеличенное время наработки на отказ, повышает вероятность безотказности системы и простоя. Так как система удобна в обслуживании и полностью автоматизирована, снижается количество обслуживающих операторов. После внедрения автоматизации увеличился срок службы. Подробные характеристики и сравнение приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Сравнение системы до и после модернизации

| Характеристики | До модернизации | После модернизации | Экономический прирост |
|------------------------|-----------------|--------------------|---|
| Объем производства | 100 т | 200 т | Увеличение в 2 раза |
| Межповерочный интервал | 1 год | 4 года | Увеличение межповерочного интервала в 4 раза |
| Надежность | 100 тыс. часов | 150 тыс. часов | Увеличение времени наработки на отказ в 1,5 раз |
| Количество операторов | 3 | 2 | 240000 руб/год |
| Срок службы | 15 лет | 25 лет | Увеличение срока службы на 10 лет |

Фонд ЗП на 1-го оператора 20 тыс. руб. в месяц

Экономия за год составит: $20 \cdot 12 = 240000$ руб

Увеличение производительности приводит к повышению выручки предприятия, увеличение межповерочного интервала снижает издержки на поверки, надежность системы снижает вероятность внеплановых простоев производства, также повышенный срок службы снижает издержки на новую разработку и ремонт.

Экономический эффект от внедрения системы примерно составляет прирост на 1000000 рублей в год.

Срок окупаемости без учета ставки дисконтирования состави:

$$PP = \frac{I_0}{PP_q} = \frac{2325371,09}{1000000} = 2,32 \text{ г.}$$

4 Социальная ответственность

Данный раздел выпускной квалификационной работы рассматривает вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора комплексом мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника, использующего в работе ЭВМ. Рабочее место оператора предусматривается на базе персонального компьютера с цветным графическим монитором.

По характеру физической нагрузки согласно ГОСТ 12.1.005–88 [8] работа инженера относится к разряду легких. При этом длительная работа в помещении при плохой вентиляции, повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении неблагоприятно сказывается на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

В ВКР рассматривается блочная кустовая насосная станция (БКНС), предназначенная для закачки воды в продуктивные пласты в системе поддержания пластового давления нефтяных месторождений. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

Рабочей зоной является помещение площадью 10 м², включающее персональный компьютер. В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на сотрудника, разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [12] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК[12] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

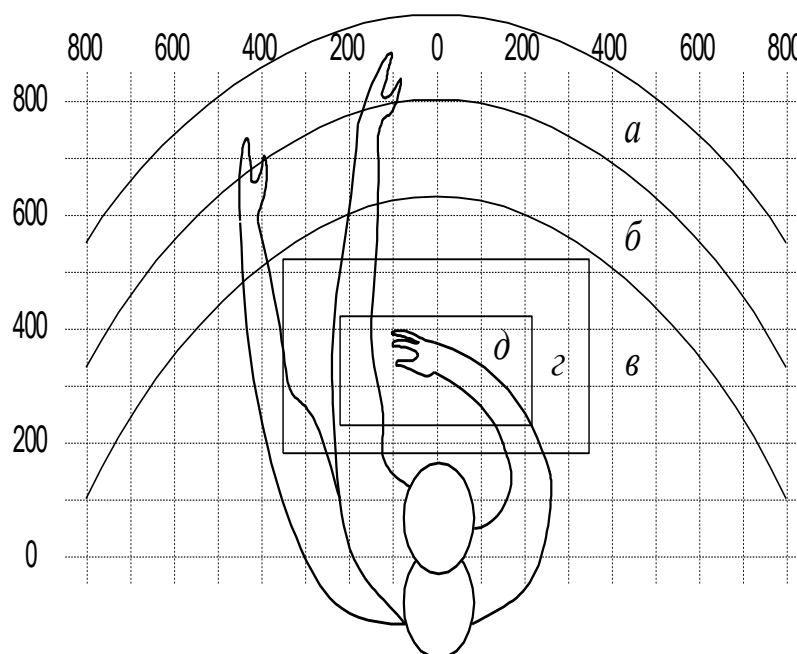
Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

4.1.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

4.1.2.1 Эргономические требования к рабочему месту



а - зона максимальной досягаемости;

б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в - зона легкой досягаемости ладони;

г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Рисунок 21 – Эргономические требования

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно (рисунок 21) [10]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

4.1.2.2 Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета, пол – зеленый;
- окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета, пол – красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток – стены желто-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на запад – стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60–70, для стен 40–50, для пола около 30.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственная безопасность включает в себя вопросы, связанные с организацией рабочего места разработчика системы стабилизации в соответствии с нормами промышленной санитарии, техники безопасности, эргономики и пожарной безопасности.

Так как работа ведётся в закрытом помещении с использованием персонального компьютера, требуется изучение и создание оптимальных условий труда, а также следует учесть организацию пожарной безопасности на предприятии. Так же необходимо учесть то, что никакого контакта с какими-либо вредными веществами (радиоактивные препараты) нет, следовательно, данный производственный фактор не будет рассматриваться.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-15. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ ТП

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этапы работ | | | Нормативные документы |
|--|-----------------|------------------|------------------|--|
| | Разра- ботка | Изгото вление | Эксплу атация | |
| 1.Отклонение показателей микроклимата | + | + | + | Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [2] Освещение – СП 52.13330.2011 [4] Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [5] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [6] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [7] Пожарная безопасность – ГОСТ 12.1.004-91 [9] |
| 2. Превышение уровня шума | | + | + | |
| 3.Отсутствие или недостаток естественного света | + | + | | |
| 4.Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | + | + | |
| 5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | + | + | + | |

4.2.1.1 Отклонения показателей микроклимата

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, состояние микроклимата в помещении, используемом для разработки, оказывает существенное влияние на качество работы и производительность труда, а также на здоровье работников.

Микроклимат помещения – это комплекс физических факторов внутренней среды помещения, которые оказывают влияние на здоровье человека [8]. Основные факторы, характеризующие микроклимат помещения, устанавливаются в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 [8]. К ним относятся:

- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;
- влажность;
- интенсивность теплового облучения.

Согласно вышеуказанному документу [8], работа оператора АСУ относится к категории работ 1а, так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ. В зависимости от категории тяжести работ определяются значения показателей микроклимата.

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных значениях наблюдается высокий уровень работоспособности и обеспечивается нормальное состояние организма работника.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [8] и приведены в таблице №1, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

| Период года | Категория работ | Температура воздуха, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-----------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | Категория 1а | (23 – 25) | (40 – 60) | 0,1 |
| Теплый | Категория 1а | (20 – 22) | (40 – 60) | 0,1 |

Таблица 24 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

| Период года | Категория работ | Температура воздуха, °С | | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|-------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | Ниже оптимальных не более | Выше оптимальных не более | | Ниже оптимальных не более | Выше оптимальных не более |
| Холодный | Категория 1а | 20,0 – 21,9 | 24,1 – 25,0 | 15 – 75 | 0,1 | 0,1 |
| Теплый | Категория 1а | 21,0 – 2,9 | 25,1 – 28,0 | 15 – 75 | 0,1 | 0,2 |

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [8] и приведен в таблице 25.

Таблица 25– Расход свежего воздуха

| Характеристика помещения | Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, |
|--|--|
| Объем до 20 м ³ на человека | Не менее 30 |
| (20 – 40) м ³ на человека | Не менее 20 |

4.2.1.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

Среди технических требований к рабочему месту инженера особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости. Согласно действующим Санитарным правилам [9], искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Работа оператора АСУ относится к IV разряду зрительной работы (средней точности). В таблице 26 приведены нормы освещённости помещения для данного разряда [9].

Таблица 26 – Нормирование освещённости для работы за ПК

| Разряд зрительной работы | Характеристика | Подразряд | Освещенность (комбинированная система), лк | Освещенность (общая система), лк |
|--------------------------|------------------|-----------|--|----------------------------------|
| IV | Средней точности | Б | 500 | 200 |

Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК [9], представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

| | |
|---|--------------------------------|
| Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа | 300-500 лк |
| Освещенность на поверхности экрана ПК | не более 300 лк |
| Яркость бликов на экране ПК | не более 40 кд/м ² |
| Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения | не более 200 кд/м ² |
| Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях | не более 20 |
| Показатель дискомфорта в дошкольных и учебных помещениях | не более 15 |
| Соотношения яркости: | |
| – между рабочими поверхностями | 3:1–5:1 |
| – между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования | 10:1 |
| Коэффициент пульсации: | не более 5% |

4.2.1.3 Повышенный уровень шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляется

внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

По нормам (СН 2.2.4/2.1.8.562-96) при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 75 дБ [10].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [10]. Согласно данному документу при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине(ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 60 дБА.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 28 (Допустимые уровни звукового давления).

Таблица 28 – Допустимые уровни звукового давления

| Помещения и рабочие места | Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | Уровень звука, дБА |
|---------------------------------------|---|-----|-----|------|------|--------------------|
| | 63 | 125 | 250 | 1000 | 4000 | |
| Помещения управления, рабочие комнаты | 79 | 70 | 68 | 55 | 50 | 60 |

Шум возникает во время работы оборудования, источником его также могут быть разговоры в помещении, звуки, доносящиеся с улицы. Источниками постоянного шума в помещении являются: люминесцентные лампы, печатающее устройство, шум различных узлов компьютера: дисководов, винчестеров, вентилятора.

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка

помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна.

Наиболее простым и действенным способом облегчения работ, является кратковременные отдыхи в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.

4.2.1.4 Электробезопасность

Различные Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека. Под действием тока сокращаются мышцы тела. Если человек взялся за находящуюся под постоянным напряжением часть оборудования, он, возможно, не сумеет оторваться от нее без посторонней помощи.

Более того, его, возможно, будет притягивать к опасному месту. Под действием переменного тока мышцы периодически сокращаются с частотой тока. Больше всего от действия электрического тока страдает центральная нервная система. Ее повреждение ведет к нарушению дыхания и сердечной деятельности. Смерть обычно наступает вследствие остановки сердца, или прекращения дыхания, или того и другого вместе.

Объекты энергосбережения должны обслуживаться энерготехническим персоналом, имеющим соответствующую группу допуска. Напряжение на электрооборудование должно подаваться и сниматься дежурным электроперсоналом по указанию ответственного за эксплуатацию этого оборудования или старшего по смене. При возгорании электрооборудования, напряжение с него должно быть снято.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления [14]. Заземляющее устройство является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования,

не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.

В качестве организационных мероприятий оператору во время работы запрещается [14]:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- снимать защитный фильтр с экрана монитора;
- допускать попадание влаги на поверхности устройств;
- производить самостоятельно вскрытие и ремонт оборудования.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В процессе эксплуатации блочно-кустовой насосной станции возможны утечки загрязняющих веществ. Основные выбросы газов происходят в местах соединений трубопроводов, задвижек. Также при сжигании газа на факеле.

При эксплуатации используется пластовая вода. Также закачка воды в скважину.

4.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру;

- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы;
- при сжигании газа на факелах через трубы;
- при заполнении емкостей через воздушников и свечи рассеивания;
- при заполнении резервуаров через дыхательные клапаны;
- при сжигании газа на факеле;

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства.

На основе статистических данных об аварийных ситуациях на объектах транспортировки нефти целесообразно рассматривать аварию в виде отказа энергосистемы или порыва трубопроводов.

Максимальный выброс загрязняющих веществ в атмосферу возможен на площадке при отключении электроэнергии. При этом вся нефть направляется в резервуары, и отсепарированная газовая фракция сжигается на факеле.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- Максимальная герметизация производственного процесса;
- Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;
- Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;
- Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания;

Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором.

С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований

Основными вероятными ЧС, при разработке и эксплуатации БКНС являются пожар и взрыв.

Возникновение пожара в помещении, где установлено дорогостоящее оборудование, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Возникновение чрезвычайной ситуации может привести к частичной потере информации, связанной с большими трудностями восстановления всей информации в полном объеме, либо к необратимой утрате важной информации.

Согласно нормам технологического проектирования [15], помещение в котором осуществлялась разработка автоматизированной системы управления групповой замерной установки, относится к категории В (пожароопасные).

Основные причины возникновения возгораний:

- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- перегрузка электрических сетей;
- применение неисправных электроприборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;

- курение в неустановленных местах.

В связи с тем, что установка групповой замерной установки, является взрывоопасной, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются сепараторы, отстойники и трубопроводы, перекачивающие газ, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс БКНС.

В связи с тем, что блочно-кустовая станция, является взрывоопасной, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются насосы, отстойники и трубопроводы, перекачивающие нефть, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс БКНС.

4.4.2 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований

При вводе в эксплуатацию БКНС все также вероятными ЧС остаются пожар и взрыв. При этом также необходимо учесть, возможные ЧС аварий связанных с выбросом химических веществ или высокой степени загазованности.

Еще одним вероятным ЧС может быть авария на электроэнергетических установках с длительным перерывом электроснабжения всех потребителей.

4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации

Пожарную Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003 г.

№105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Помещение и здание операторной относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня. А стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых материалов (кирпич, железобетон, и др.).

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- наличие горючей пыли (некоторые осевшие пыли способны к самовозгоранию);
- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Организационные мероприятия предусматривают [15]:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.

- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В офисном помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ - 2 или порошковые типа ОП -5.

- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [16].

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

Заключение

В ходе выполнения проектирования автоматизированной системы управления технологическим процессом блочно-кустовой насосной станции в первую очередь было составлено техническое задание, где были предъявлены требования к проекту, техническим средствам, описан функционал системы.

Был изучен технологический процесс, где были выявлены параметры технологического процесса. Опираясь на технологический процесс и техническое задание, был проведен анализ технических средств реализации проекта. Были рассмотрены разные варианты, где выбор был основан на технико-экономических показателях.

Для удобства и понимания, а также принятия управленческих решений, была разработана функциональная схема автоматизации, которая позволяет видеть процесс, функционал автоматизированной системы и линии связи.

Для удобства монтажа, последующего ремонта была спроектирована схема внешних проводок, которая показывает подключение полевых устройств.

Также для реализации функции мониторинга, управления в реальном времени были разработаны мнемосхемы в SCADA системе.

Разработаны алгоритмы управления, среди которых алгоритм сбора данных, алгоритм автоматического регулирования.

Исходя из вышеописанного можно с уверенностью сказать, что система удовлетворяет заданным целям создания системы и проект можно считать законченным.

Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. — 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.— 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». — 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. — 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. — К.: Вищащк. Головное изд-во, 1986. — 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-

вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

14. ГОСТ Р 12.1.019-2009 (изм. №1) ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

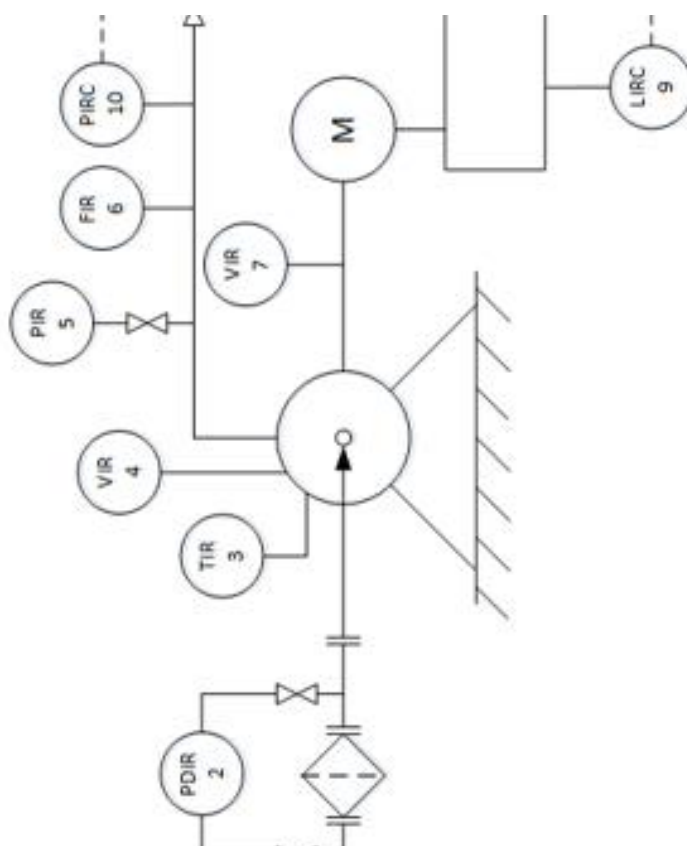
15. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

16. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Настоящий стандарт распространяется на производственные процессы (включая транспортирование и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду, и устанавливает общие требования по обеспечению их взрывобезопасности.

Приложение А

(обязательное)

Функциональная схема упрощенного типа



Приложение Б

(обязательное)

Техническое задание на проектирование

Настоящее техническое задание описывает задачу создания автоматизированной системы управления технологическими процессами блочно-кустовой насосной станции (БКНС).

Основанием для выполнения работ по теме является задание на выполнение по созданию АСУ ТП БКНС.

Основные цели и задачи создания АСУ ТП

Задачи создания автоматизированной системы:

- Обеспечение безопасности работы основного и вспомогательного оборудования объектов управления БКНС при всех режимах эксплуатации;
- Сокращение числа остановок и аварий технологического оборудования;
- Повышение производительности оборудования;
- Увеличение прибыльности предприятия.

Назначением системы является:

- оценка происходящих изменений и выдача, при необходимости, регулирующих и управляющих воздействий на технологическое оборудование объектов управления БКНС;
- обеспечение постоянного контроля работоспособности основного и вспомогательного оборудования технологических объектов управления БКНС;
- обеспечение автоматической диагностики состояния программных средств;
- обеспечение защиты информации от несанкционированного доступа (параметры конфигурации, константы системы, итоговые отчеты и т.д.).

Требования к системе

Информационно-управляющая система БКНС должна проектироваться как открытая иерархическая распределенная система с использованием стандартных протоколов межуровневого обмена.

Для осуществления выбора структуры информационно-управляющей системы, аппаратно-технического комплекса, а именно контроллеров, датчиков и исполнительных механизмов должен быть реализован на основе альтернатив, с технико-экономическим обоснованием.

Комплекс аппаратно-технических средств должен иметь сертификаты Госстандарта РФ. Должна быть предусмотрена автономная работа всей системы на всех уровнях иерархии. Всевозможные сбои, отключения каналов контроля и измерения параметров, определяющих взрывоопасность объекта, а также любые изменения системы защиты должны фиксироваться системой. Обязателен учет и ведение статистики всех тревог и аварий.

Проектируемая система должна соответствовать требованиям:

- Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств", утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 года N 96;
- ПБ 03-563-03 "Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств";
- ПБ 08-622-03 "Правила безопасности для газоперерабатывающих заводов и производств";
- ПБ 08-624-03 "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности".

Требования к техническому обеспечению

Полевое оборудование должно обеспечивать непрерывное

преобразование измеряемых величин технологических параметров (давление, температура, уровень, расход и др.) и непосредственное управление параметрами технологического процесса. Полевое оборудование, включающее в себя первичные преобразователи, регулирующие клапаны, устройства управления электроприводами, должно размещаться на наружной установке. Для приборов должны быть предусмотрены меры защиты от климатических воздействий.

Система должна иметь возможность наращивания, модернизации и развития системы, должен быть предусмотрен резерв по каналам ввода/вывода не менее 20%.

В ходе технологического процесса необходим контроль следующих параметров:

Давление, МПа:

- избыточное давление на входе и выходе насосов;
- дифференциальное давление на фильтрах входа насосов и маслосистемы;
- избыточное давление газа в сепараторе;
- избыточное давление масла в маслосистеме насосов и электродвигателей;

Расходы воды, м³/ч:

- на выходе и выходе КНС;
- на выходе из насосов;

Уровень, мм:

- уровень масла в маслобаках;

Температура, °С:

- температура подшипников насоса;
- температура подшипников электропривода насоса;
- температура масла в маслосистеме.

Опрос показаний датчиков, а также состояние контролируемых параметров не должно превышать 2 секунд, при этом учесть, что время

реагирования на события, должно соответствовать времени опроса датчика, т.е. не более 2 секунд.

Полевое оборудование должно быть подобрано с учетом выходного сигнала 4-20 мА с протоколом HART. Датчики и исполнительные механизмы должны иметь взрывозащищенное исполнение, монтаж с искробезопасными цепями. Датчики должны иметь функции самодиагностики.

Контроллерное оборудование подбирать с учетом модульной конструкции или возможности наращивания дополнительных модулей ввода/вывода. Контроллер должен иметь возможность замены блоков на горячую. Предусмотреть резерв по модулям ввода/вывода 25%.

Протоколы связи контроллеров Ethernet, Modbus, RS-485, ProfiBus.

Требования к метрологическому обеспечению

Средства измерения АСУ ТП должны обеспечивать возможность проверки точностных характеристик (работоспособности в заданных пределах) каналов преобразования входных электрических непрерывных и частотных сигналов при техническом обслуживании АСУ ТП с использованием стандартных эталонных средств измерения.

В измерительные каналы системы входят следующие компоненты: датчики, преобразователи, устройства связи с объектом (контроллеры), линии связи, программное обеспечение.

Датчики должны иметь следующие метрологические характеристики:

Погрешность средства измерения:

- Датчик избыточного давления не более $\sigma=0,25\%$;
- Датчик дифференциального давления не более $\sigma=0,25\%$;
- Датчик уровня не более $\sigma=0,5\%$;
- Датчик температуры не более $\sigma=0,3\%$;
- Датчик расхода не более $\sigma=0,5\%$;

Межповерочный интервал:

- Датчик избыточного давления не менее 3 лет;

- Датчик дифференциального давления не менее 3 лет;
- Датчик уровня не менее 3 лет;
- Датчик температуры не менее 3 лет;
- Датчик расхода не менее 3 лет;

Диапазон измерений:

- Датчик избыточного давления от 1 до 25 МПа;
- Датчик дифференциального давления от 1 до 25 МПа;
- Датчик уровня от 0 до 1000 мм;
- Датчик температуры от минус 100 до 300 °С;
- Датчик расхода от 0 до 50 м³/ч;

Требования к надежности

Система должна позволять восстанавливать работоспособность отказавших функций и элементов без останова производства.

Среднее время восстановления любой функции должно быть не более одного часа.

Надежность выполнения основных функций системы должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) средняя наработка на отказ: не менее 50000 часов;
- 2) средний срок службы: не менее 5 лет;
- 3) возможность теплого и горячего резервирования;

Отказ одной единицы оборудования не должен приводить к отказу всей системы.

Требования к электропитанию и электрозащите

АСУ ТП БКНС относится к электроприемникам особой группы I категории (по ПУЭ).

Оборудование должно работать от промышленного электропитания 220-380 В, частотой 50 Гц.

Полевое оборудование должно быть заземлено.

Требования к программному обеспечению

ПО должно быть достаточным для выполнения всех функций АСУ ТП БКНС, реализуемых с применением средств вычислительной техники, должно соответствовать спецификациям системы выбранного на конкурсной основе программно-технического комплекса и поставляться комплектно с системой.

ПО должно работать в среде MS Windows на обычных ПЭВМ в качестве АРМ.

Запись программ должна быть осуществлена в энергонезависимое запоминающее устройство.

ПО АСУ ТП БКНС должно включать в себя:

- базовое ПО технологического контроллера;
- фирменный пакет ПО для программирования технологических контроллеров, позволяющий реализовать необходимые функции управления, защиты и контроля;
- ОС ПЭВМ MS Windows и приложения MS Office;
- специализированный графический пакет для организации автоматизированного рабочего места оператора на базе ПЭВМ;
- программные драйверы и иное ПО, обеспечивающие организацию сетевой инфраструктуры;
- прикладное ПО технологических контроллеров, реализующих алгоритм управления объектами.

Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение АСУ ТП БКНС должно быть достаточным для выполнения всех автоматизированных функций системы и представления оператору информации об объекте управления.

Для представления оператору информации об объекте управления АРМ должно использовать специализированный графический программный пакет. С помощью данного пакета должно обеспечиваться:

- представление информации по измеряемым значениям аналоговых и дискретных параметров, а также по расчетным параметрам объекта управления;
- представление информации в виде мнемосхем;
- организация трендов аналоговых параметров;
- организация предупредительной и предаварийной сигнализации;
- документирование процесса посредством ведения журнала событий;
- диспетчерское управление;
- защита от несанкционированного доступа;
- организация системы справочной информации.

Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение должно быть достаточным для выполнения всех функций, возлагаемых на АСУ ТП БКНС. Функции сбора и обработки информации, а также выдачи управляющих воздействий должны выполняться стандартными управляющими функциональными блоками (многократно используемые программные структуры системы, относящиеся к оборудованию процесса и представляющие единицу управления).

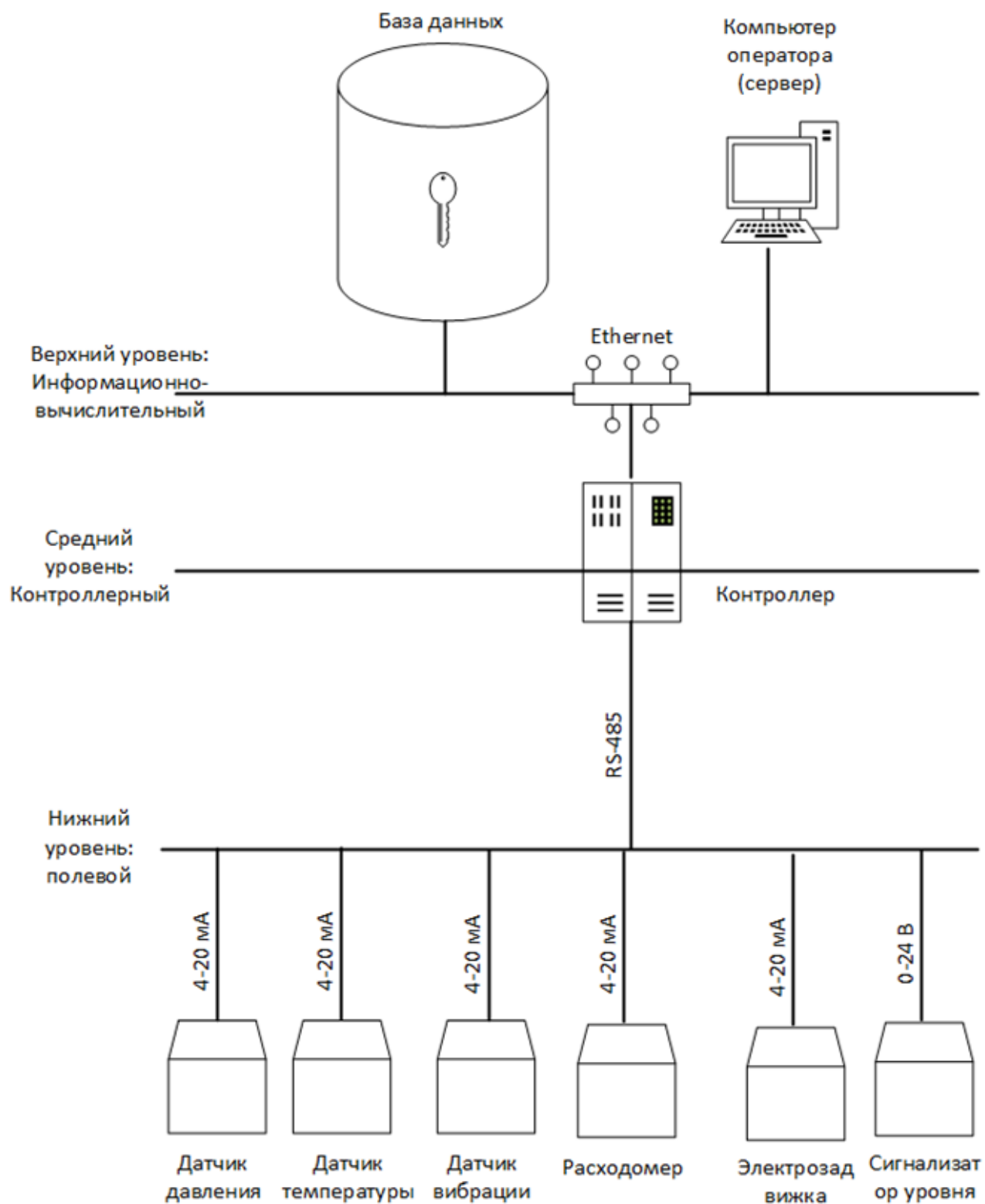
Системой должны быть предусмотрены следующие управляющие алгоритмы для каждого технологического объекта:

- алгоритм регулирования по ПИД-закону;
- алгоритм сбора аналоговых сигналов;
- алгоритм сбора дискретных сигналов.

Приложение В

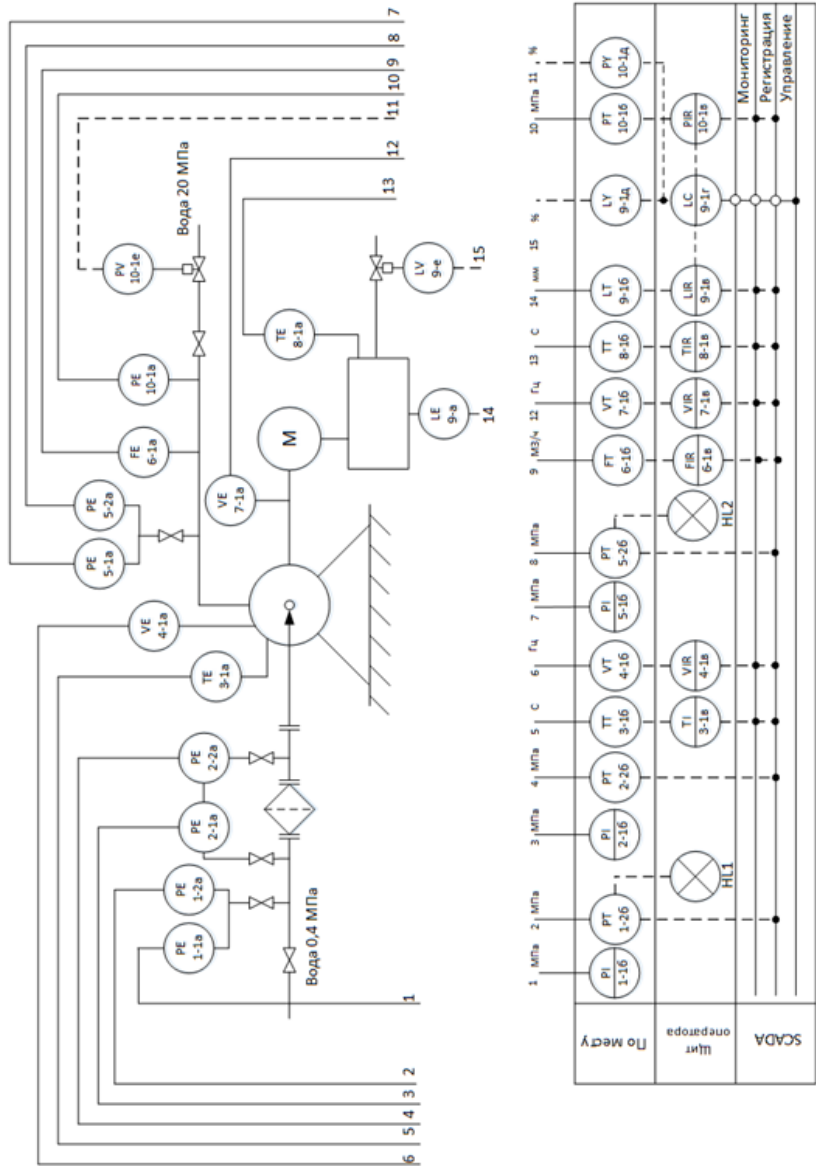
(Обязательное)

Трехуровневая структурная схема



Приложение Г
(Обязательное)

Схема автоматизации развернутого типа



Приложение Д

(Обязательное)

Схема автоматизации по ANSI/ISA

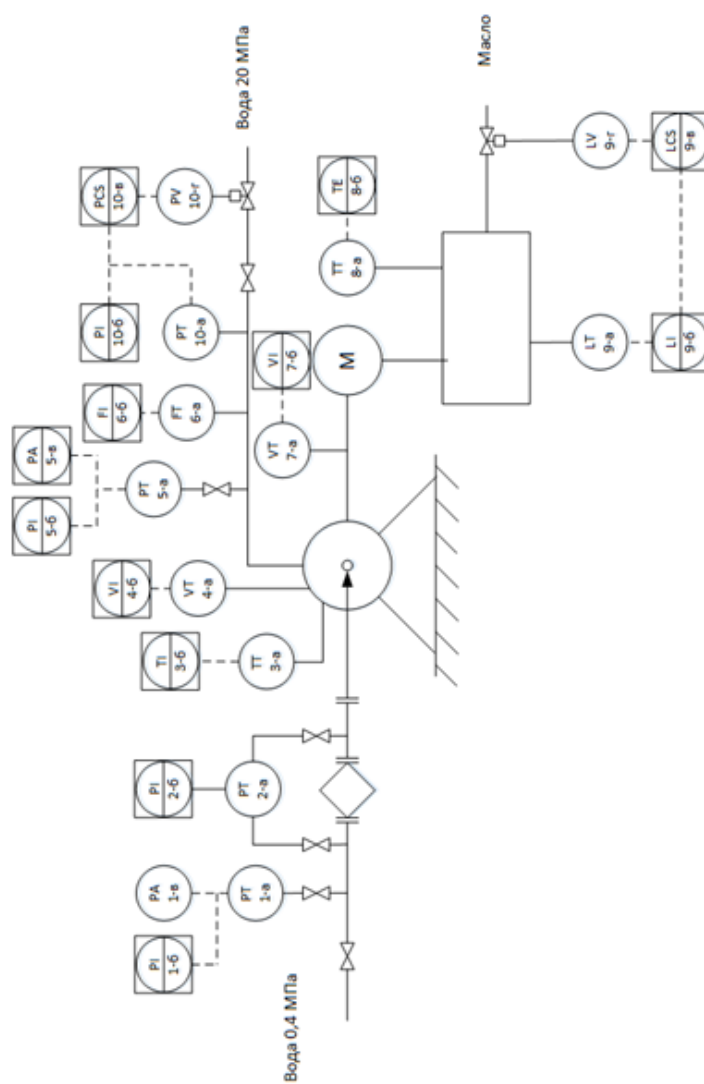
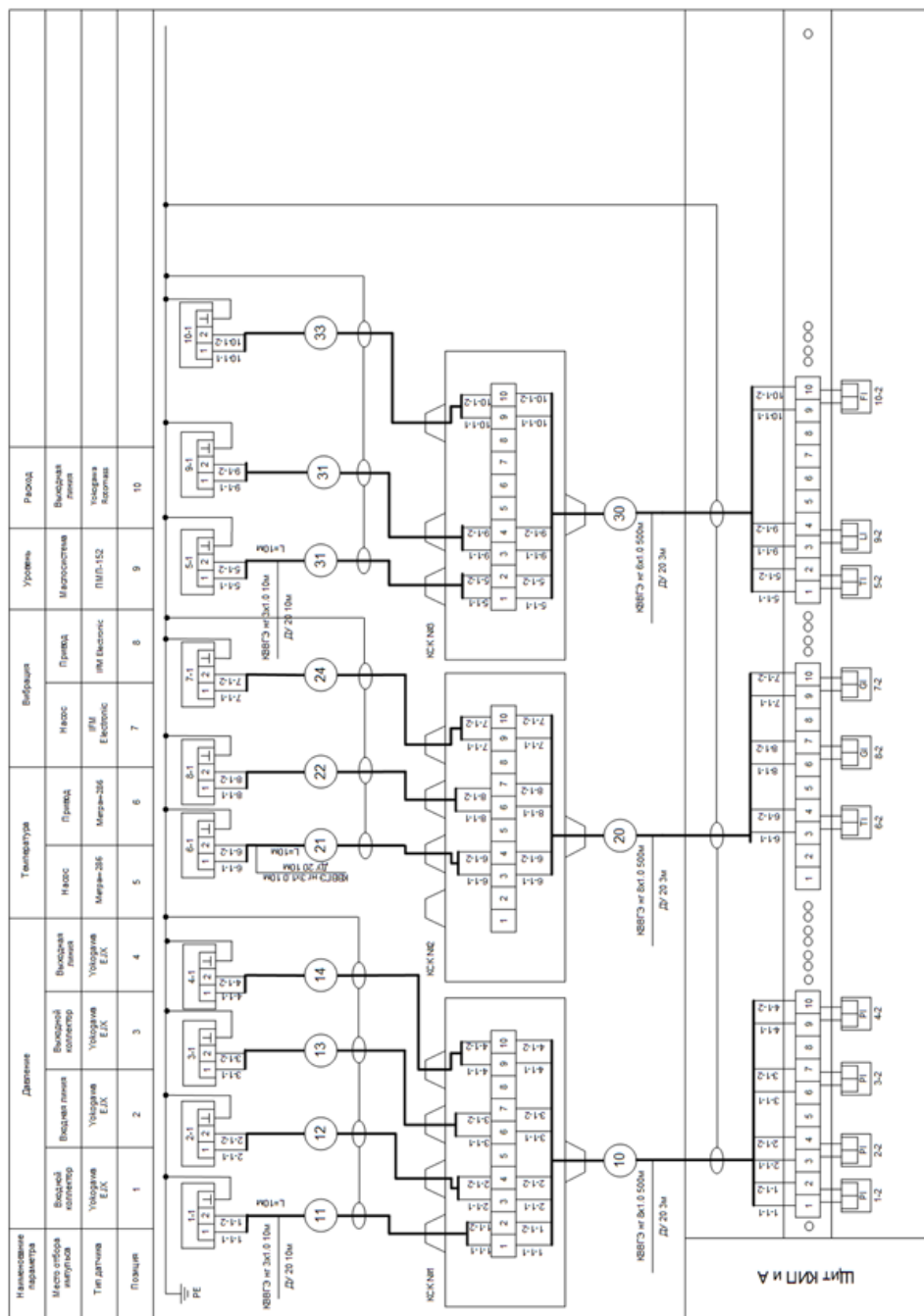


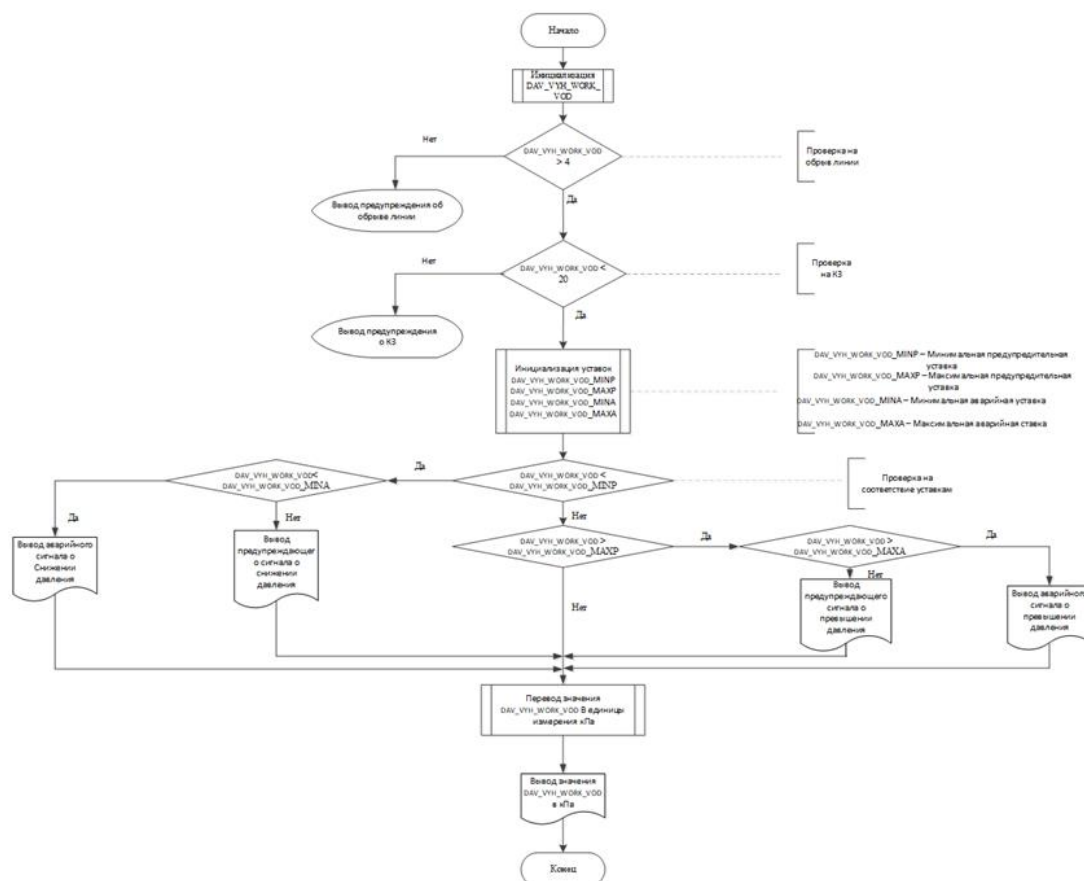
Схема внешних проводок



Приложение Ж

(Обязательное)

Алгоритм сбора данных



Приложение 3

(обязательное)

Мнемосхема

